



HODNOCENÍ TEXTILÍ URČENÝCH NA VÝROBU LŮŽKOVIN PRO ALERGIKY

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství

Autor práce: **Bc. Květa Steidlová**

Vedoucí práce: Ing. Marie Havlová, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering



EVALUATION OF TEXTILES INTENDED FOR THE MANUFACTURE BEDDING FOR ALLERGIC PEOPLE

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Bc. Květa Steidlová**

Supervisor: Ing. Marie Havlová, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Květa Steidlová
Osobní číslo: T12000438
Studijní program: N3957 Průmyslové inženýrství
Studijní obor: Produktové inženýrství
Název tématu: Hodnocení textilií určených na výrobu lůžkovin pro alergiky
Zadávající katedra: Katedra hodnocení textilií

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. V rešeršní části práce zpracujte problematiku plošných textilií určených pro výrobu lůžkovin pro alergiky. Zaměřte se jednak na požadavky na tyto materiály ze strany uživatelů, na funkční a fyziologické vlastnosti materiálů i na metodiku hodnocení těchto vlastností.
2. V experimentální části práce proveďte u vybraného souboru textilních materiálů od různých výrobců laboratorní hodnocení jejich užitečných vlastností. Získané výsledky měření zpracujte vhodnými metodami.
3. Na základě získaných poznatků a výsledků měření hodnocené materiály porovnejte z hlediska bariérových vlastností a z hlediska komfortních charakteristik. Vyslovte závěry a případná doporučení pro výrobce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Scope of Test and Assessment Criteria for the Issue of the TÜV NORD Test Mark INDOOR AIR HYGIENE TEST - SUITABLE FOR ALLERGIC PEOPLE - for Mattress, Pillow and Duvet Encasements. 2012.
2. Mahakittikun, V. et al.: Anti-mite Covers: Potential Criteria For Materials Used Against Dust Mites. Textile Research Journal, 2009, 79(5), p. 436 - 443.
3. Peroni, D.G. et al.: Efficacy in Allergen Control and Air Permeability of Different Materials used for Bed Encasement. Allergy, 2004, 59, p. 969 - 972.
4. Meloun, M. - Militký, J.: Kompedium statistického zpracování dat. 3. vyd. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 9788024621968.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Marie Havlová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

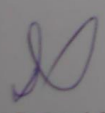
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce:

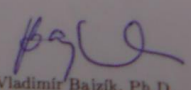
1. října 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2014


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 3. února 2014

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše. Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce paní Ing. Marii Havlové, Ph.D., za poskytnutí odborných rad a pomoc při zpracování. Ráda bych také poděkovala všem pracovníkům Technické univerzity, za pomoc při měření a zpracování dat. Společnosti Nanovia s.r.o. děkuji za poskytnutí materiálů. Další poděkování patří mé rodině a přátelům za trpělivost a podporu během studia.

ANOTACE

Alergie na roztoče bytového prachu patří mezi velmi rozšířené formy alergie. Diplomová práce se zabývá hodnocením textilií, které jsou určeny pro osoby trpící roztočovou alergií. Materiály použité na výrobu musejí splňovat vysoké požadavky, které jsou uvedené v normě „vhodnosti pro alergiky“ německé certifikační společnosti TÜV Nord. Úkolem této práce je zhodnotit vlastnosti nově vyráběných textilií dodaných společností Nanovia s.r.o. a porovnat je s konkurenčními povlaky dostupnými na trhu. Závěr práce tvoří získání poznatků a doporučení ohledně výroby povlečení určeného pro alergické osoby.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Alergie, roztoči, protiroztočové povlečení, porozita, filtrační vlastnosti, komfortní vlastnosti.

ANNOTATION

Dust mite allergy is one of the most common allergies these days. This master thesis is focusing on rating textiles for people with this type of allergy. Materials used in production have to fulfil high requirements, which are listed in rules of “suitable for allergic people” of German certification company TÜV Nord. The purpose of this work is to rate features of newly produced textiles by company Nanovia s.r.o. and compare them with competitive bed sheets available on the market. The end of the thesis consists of summarizing new knowledge and recommendation of production of bed linen for allergic people.

KEYWORDS:

Allergies, dust mites, anti-mite bedding, porosity, filtration properties, comfortable properties.

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

CF	plošné zakrytí [1]
d	průměr póru [μm]
d_o	průměr osnovní nitě [m]
D_o	dostava osnovy [1/m]
d_u	průměr útkové nitě [m]
D_u	dostava útku [1/m]
E	efektivita filtrace [%]
E_s	střední hodnota efektivy
G_1	množství disperzního podílu za filtrem
G_2	celkové množství disperzního podílu
95% IS	interval spolehlivosti
J	jímavost
m_p	množství částic nanesených na filtr, než překročí stanovenou mez
NaCl	Chlorid sodný
NT	netkaná textilie
P	průnik částic [%]
p	relativní propustnost pro vodní páry [%]
p_1	tlakový spád před filtrem [Pa]
p_2	tlakový spád za filtrem [Pa]
P_a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa].
P_m	nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavičky [Pa]
P_p	porozita stanovená z podílu měrných hmotností [1]
P_s	porozita stanovená z plošného zakrytí [1]
Δp	tlakový spád [Pa]

q_0	plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavici zakrytou měřeným vzorkem [W/m^2]
q_v	plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavici nezakrytou měřeným vzorkem [W/m^2].
r	Pearsonův korelační koeficient
R_{et}	výparný odpor zkoušeného vzorku [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa/W}$]
s	směrodatná odchylka
U_1	napětí naměřené na testovaném vzorku [mV]
U_2	maximální napětí naměřené na tzv. 100% vzorku [mV]
v	variační koeficient [%]
V_f	objem vláken v textilním útvaru [m^3]
V_p	objem pórů [m^3]
V_{tk}	celkový objem textilie [m^3]
\bar{x}	střední hodnota
$\overline{x_p}$	střední hodnota proměnné x (Pearsonova korelačního koeficientu)
$\overline{y_p}$	střední hodnota proměnné y (Pearsonova korelačního koeficientu)
α_i	složky odpovídající efektům faktoru A (efekty řádků, směr podélný)
β_i	složky odpovídající efektům faktoru B (efekty sloupců, směr příčný)
γ	povrchové napětí kapaliny [mN/m]
$\tau_{ij} = C\alpha_i\beta_j$	interakční člen, který je důsledkem různých kombinací sloupcových a řádkových efektů.
$\hat{\mu}$	celková střední hodnota (analýzy rozptylu)
μ_{tk}	zaplnění tkaniny [1]
ρ_f	objemová měrná hmotnost vlákenného materiálu [kg/m^3]
ρ_v	objemová měrná hmotnost textilie [kg/m^3]

Obsah

ÚVOD.....	12
TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1. VYSVĚTLENÍ POJMU „ALERGIE“	14
1.1. Alergie na bytový prach.....	15
1.1.1. Roztoči.....	15
1.1.2. Alergeny	15
1.2. Metody eliminace roztočů	16
2. POVLAKY PROTI ROZTOČŮM	18
2.1. Požadavky na povlaky proti roztočům.....	18
2.2. Studie zabývající se bariérovými povlaky proti roztočům	20
3. KOMFORTNÍ VLASTNOSTI.....	25
3.1. Termofyziologický komfort.....	25
3.1.1. Relativní propustnost pro vodní páry	25
3.1.2. Výparný odpor.....	26
3.1.3. Prodyšnost plošných textilií	26
4. POROZITA	29
4.1. Metody a modely pro zjišťování porozity	30
4.1.1. Porozita stanovená z podílu měrných hmotností.....	30
4.1.2. Porozita stanovená z podílu objemu.....	30
4.1.3. Porozita stanovená z plošného zakrytí.....	31
4.1.4. Obrazová analýza 2D obrazu.....	31
4.1.5. Prosévání definovaných částic skrz textilií.	31
4.1.6. Průnik kapaliny skrz textilií.....	32
5. FILTRAČNÍ VLASTNOSTI.....	33
5.1. Efektivita filtrace	33
5.2. Životnost filtru	34
5.3. Tlakový spád.....	34
5.4. Využití nanovláken při filtraci	35

5.4.1. Výroba nanovláken.....	35
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
6. POPIS REALIZOVANÉHO EXPERIMENTU	37
6.1. Popis vzorků	39
6.2. Metodika měření	43
6.2.1. Prodyšnost textilie	43
6.2.2. Měření výparného odporu a paropropustnosti.....	45
6.2.3. Filtrace atmosférického vzduchu.....	47
6.2.4. Měření efektivity filtrace pomocí aerosolu NaCl.....	49
6.2.5. Shrnutí výsledků měření podle TÜV Nord.....	52
6.2.6. Testování velikosti pórů pomocí bublinkové metody	53
6.2.7. Vztahy mezi naměřenými vlastnostmi	55
6.2.8. Údržba textilií.....	57
6.2.9. Delaminace nanovláknenné vrstvy od podkladového materiálu	60
6.2.10. Měření rovnoměrnosti textilie v celé ploše	61
6.2.11. Přílnavost povrstvení textilií.....	65
7. DISKUZE VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ PRO VÝROBCE	67
ZÁVĚR.....	71
ZDROJE LITERATURY	73
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	77
PŘÍLOHY	80

ÚVOD

Diplomová práce seznamuje čtenáře s jedním z problémů dnešní společnosti. Společnosti, která dbá na sterilitu a čisté prostředí zejména u dětí. To má za následek, že děti nemají přirozeně vyvinutý imunitní systém. Proto jsou více náchylní k různým alergiím. Alergie se mohou projevit v různých stádiích života od útlého dětství až po dospělého člověka zralého věku. Alergických osob stále přibývá. Není možné se alergií účinně zbavit na 100 %. Existují možnosti, jak redukovat alergické projevy na takovou úroveň, aby co nejméně narušovaly lidský život. Mezi nejčastější formy alergií patří nemoci dýchacího ústrojí, které zahrnují alergie na pyl a prachové roztoče. Právě alergií na prachové roztoče se zabývá tato diplomová práce.

Textil již neplní pouze funkci ochrannou, nýbrž se musí vyvíjet a poskytovat přidanou hodnotu. V diplomové práci jsou zkoumány bariérové povlaky proti roztočům. Roztoči jsou drobní živočichové. Způsobují např. dýchací a kožní problémy u přecitlivělých osob. Vyskytují se převážně tam, kde žijí lidé. Život v lidských obydlích jim přináší přijatelné podmínky k životu. S používáním ústředního topení, vhodných izolací domů apod. se jim udržuje teplota pro jejich přežití. Velké množství prachových roztočů lze najít v lůžku, popř. jiných textilních výrobcích, které se nacházejí v obydlí člověka. V ložnici člověk tráví zhruba třetinu svého dne. Narušení vhodných podmínek pro žití a rozmnožování roztočů se stává řešením pro lidi trpící roztočovou alergií. Z tohoto důvodu se vyrábí bariérové povlaky, které mají zamezit styku lidské pokožky s roztoči a jejich alergeny. Poblaky se používají na matrace, polštáře a přikrývky. Od běžně používaného povlečení se liší menšími póry - v řádech mikrometrů. Roztoči jsou tak v povlaku uzavřeni a postupně odumírají. Následkem toho může dojít ke snížení projevů alergie na roztoče.

Nároky na tyto povlaky jsou vysoké. Diplomová práce se zabývá vyhodnocením vlastností, které jsou klíčové pro protiroztočové povlaky. Na jedné straně musí účinně filtrovat alergeny. Na straně druhé musí zajistit komfortní vlastnosti pro jejich uživatele.

Teoretická část práce uvádí čtenáře do problematiky výskytu alergií. Nejprve je rozebrán pojem alergie a popsána alergie na roztoče bytového prachu. Poté je uveden seznam doporučených opatření proti roztočům, tedy jak účinně zabránit styku alergické osoby s roztoči. V seznamu doporučených opatření se mimo jiné vyskytují bariérové

protiroztočové povlaky. Z tohoto důvodu jsou dále rozebrány požadavky na bariérové textilie určené pro lidi trpící alergií na roztoče. Požadavky na textilie jsou dále rozvedeny v několika odborných studiích. Ve studiích jsou popsány postupy hodnocení textilií a určena kritéria pro výrobu lůžkovin pro alergiky. Teoretickou část uzavírá popis vlastností charakterizující bariérové textilie. Patří sem komfortní vlastnosti, filtrační charakteristiky a porozita textilií.

V experimentální části diplomové práce jsou popsány vzorky materiálů, které jsou určeny pro výrobu textilií pro alergiky na roztoče. Jedná se o šest vzorků materiálů od různých společností. Mezi testovanými vzorky materiálů jsou zařazeny bariérové povlaky, které se již prodávají a také textilie od společnosti Nanovia s.r.o., které ještě nejsou dostupné na trhu. Všechny dodané textilie byly testovány pomocí metodiky německé certifikační společnosti TÜV Nord. Metodika zahrnuje seznam vlastností, podle kterých mohou získat certifikát o účinnosti proti roztočům. S ohledem na technické vybavení Technické univerzity byly realizovány pouze některé zkoušky. Jednalo se o komfortní vlastnosti, filtrační účinnost a porozitu materiálů. Z výsledků zhotovených zkoušek bylo provedeno vyhodnocení dle metodiky TÜV Nord. Dále byly všechny textilie zkoumány po údržbě praním a opět otestovány. Diplomovou práci uzavírá vyhodnocení vlastností textilií a doporučení výrobcí.

TEORETICKÁ ČÁST

1. VYSVĚTLENÍ POJMU „ALERGIE“

Dle zdroje [1] se lidský organismus sám chrání před působením různých mikroorganismů a dalších škodlivin přicházejících z vnějšího prostředí. Tato obrana je hlavním úkolem imunitního systému. Výkonnost imunitního systému člověka je výsledkem souhry vrozených, nespecifických mechanismů imunity se specifickými imunitními funkcemi, které se v těle vytvářejí druhotně jako reakce na cizorodý podnět.

Dnešní společnost se potýká s problémem častého výskytu různých typů alergií. Podstata alergie vychází z nesprávné reakce organismu na látky cizorodé povahy, označovány jako alergeny. Alergen je exogenní antigen, který může vyvolat alergickou imunitní reakci. Alergii vyvolává i velmi malé množství alergenu. Následky alergické reakce se projeví v poškození organismu. Alergické reakce nemají stejnou podobu. Objevují se náhle, na různých částech těla v různé podobě i intenzitě.

- *Senzibilace.* Děj, při kterém organismus reaguje stále citlivěji na určitý podnět. Imunitní systém reaguje na styk s antigenem. Uloží si tuto informaci a začne vytvářet protilátky. Při opětovném kontaktu s antigenem je imunitním systémem rozpoznán a okamžitě na něj reaguje. Doba potřebná k tomu, aby tělo reagovalo přecitlivěle, se u jednotlivých jedinců liší. Pohybuje se od několika dnů až po několik let.
- *Atopie.* Jedná se o vrozený sklon reagovat přecitlivělostí na jakoukoliv látku, která se objevuje v prostředí. Typickým projevem atopie je atopický ekzém. Dále sem patří pylová alergie a alergické astma. Mimo vrozené atopie může mít na vznik alergie podstatný vliv okolní prostředí, znečištěné ovzduší, nemoci, strava i léky. Atopičtí pacienti mají schopnost tvořit ve zvýšeném množství IgE (imunoglobulin E) protilátky, které reagují na alergeny zevního prostředí.
- *Dědičnost.* Pokud se vyskytuje alergie u jednoho z rodičů, existuje zvýšená možnost vzniku alergického onemocnění u dítěte cca 30 %. Pokud alergií trpí oba rodiče, riziko se zvyšuje až na 60 %.

1.1. Alergie na bytový prach

Drahoňovská [2] uvádí, že domácí prach obsahuje směs nejrůznějších částic, čímž se stává zásobárnou alergenů. Jedná se o jemný prach, který se usazuje na nábytku, padá do koberců. Při víření průvanem nebo jen pohybem osob v místnosti se dostává do ovzduší a tento prach může být vdechnut až do plic. Mezi jeho alergické složky patří roztoči a jejich exkrementy, chlupy domácích zvířat, bakterie, plísně apod.

1.1.1. Roztoči

Roztoči bytového prachu patří mezi mikroskopické organismy. Pro alergiky znamenají největší nebezpečí. Nejrozšířenější a nejrizikovější roztoči domácího prachu spadají do podčeledi Dermatophagoidinae a rodu Dermatophagoides. Jsou to studenokrevné organismy dorůstající do velikosti 400 μm . Dospělí jedinci se dožívají v průměru 2 až 5 měsíců v závislosti na tom, v jakých podmínkách žijí. [2,3] Život roztoče sestává z pěti stádií: Vajíčko, larva, protonymfa, tritonymfa a dospělý jedinec. Samička naklade za pět týdnů svého života v průměru 80 vajíček denně. Celý cyklus trvá při ideálních podmínkách v průměru 26 dní. Během svého života roztoči vyprodukují až 200krát více exkrementů, než sami váží. [3]

Dle zdroje [4] se nejlépe roztočům daří v teplém a vlhkém prostředí. Vyskytují se především v matracích a lůžkovinách. Dostatečný přísun potravy a vlhkosti jim umožňují vývoj, růst a rozmnožování. Člověk v lůžku ztrácí 0,5 – 1 g odumřelé kůže za den. Optimální teplota pro růst a vývoj roztočů se pohybuje v rozmezí 22 – 26 °C. K růstu populace roztočů postačuje vlhkost vzduchu nad 60 %. Naopak při nižší vlhkosti vzduchu pod 50 %, se podmínky pro přežití roztočů stávají nepříznivé. Dále se vyskytují v kobercích, čalouněném nábytku a na dalších předmětech, kde se hromadí prach.

1.1.2. Alergeny

Vacková [5] ve své knize uvádí, že pro člověka nepředstavují nebezpečí roztoči. Větším nebezpečím se stávají alergenys pocházející z jejich tělesné schránky o velikosti 6 – 10 μm a dále také exkrementy o velikosti 10 – 30 μm . Kromě alergenů v exkrementech roztočů se některé alergenys nacházejí i ve slinách roztočů, které se při příjmu potravy dostávají do okolního prostředí. Exkrementy roztočů se pojí s částicemi prachu, který pak může obsahovat až 250 000 fekálních částic. Uvedené alergenys způsobují alergická onemocnění,

jakými jsou astma, atopický ekzém a alergická rýma. V současné době existují různá opatření k eliminaci roztočů. Hlavní cíl spočívá v narušení životních podmínek roztočů.



Obr. 1: Roztoči domácího prachu [6]

1.2. Metody eliminace roztočů

Dle Drahoňovské [2] lze eliminaci roztočů provádět několika způsoby. Mezi hlavní patří deaktivace alergenů a snížení, či odstranění jejich původců, tedy roztočů. Opatření proti roztočům vychází z nároků roztočů na životní podmínky (teplota prostředí, vlhkost vzduchu, potrava, sluneční světlo). K narušení životních podmínek se dá využít aplikace velmi nízké teploty (kapalný dusík) nebo velmi vysoké teploty (horká pára či praní).

Mezi další možnosti eliminace patří snížení relativní vlhkosti vzduchu. Na odstranění alergenů roztočů se doporučuje pravidelné praní lůžkovin, čištění koberců a matrací.

Watanabe a kol. [7] zkoumali účinek praní na odstranění roztočů a jejich alergenů. Ve výsledcích se ukázalo, že praním v teplé vodě při teplotě 55 °C a vyšší se sníží počet roztočů o více než 90 %. Praní při nižší teplotě odstraní většinu alergenů, ale nezahubí roztoče. Při teplotě 50 °C bylo prokázáno, že více než 50 % roztočů přežilo.

Zdroj [8] uvádí seznam opatření pro osoby trpící alergií na roztoče bytového prachu. Seznam je rozdělen do tří skupin dle důležitosti:

- I. Opatření nezbytně nutná
- II. Vhodná a doplňující opatření
- III. Náhradní a pomocná opatření

I. Opatření nezbytně nutná

Hlavním zdrojem roztočů bytového prachu v domácnosti je lůžko. Matrace, přikrývky a polštáře se musí uzavřít do speciálního povlečení. Povlečení nepropustí roztoče ani jejich alergenů. V případě matrací se používají ochranné protiroztočové povlaky. Časté praní ložního prádla při teplotě 60 °C a více může nahradit speciální povlečení proti roztočům. Relativní vlhkost vzduchu by se měla pohybovat kolem 50 %.

II. Vhodná a doplňující opatření

Realizace doplňujících opatření je podmíněna splněním předchozích opatření. Vhodná a doplňující opatření se týkají celého bytu. Z místností je nutné odstranit koberce a použít podlahové krytiny, které se stírají za vlhka. Bytový textil jako např. závěsy, přehozy, ubrusy apod. je nutné prát pravidelně při teplotě 60 °C. Ložnice by měla být umístěna ve vyšším patře.

III. Náhradní a pomocná opatření

Při ponechání koberce je vhodné časté vysávání vysavačem vybaveným tzv. HEPA filtrem. Koberce a čalouněný nábytek ošetřovat akaricidy (přípravky na zabíjení roztočů) dle návodu výrobce. Dalším opatřením může být vystavení koberců a ostatních textilních předmětů na mraz. Hračky s textilním povrchem by se měly prát na 60 °C. Případně hračky zmrazit po dobu 24 hodin a následně vyprat.

2. POVLAKY PROTI ROZTOČŮM

Dle zdroje [9] se speciální povlaky proti roztočům tzv. protiroztočové povlaky používají jako prostěradlo na matraci postele, dále jako povlečení na přikrývku a polštář. Powlaky proti roztočům jsou doporučovány jako jedno z nejúčinnějších opatření k redukci roztočů a jejich alergenů. Powlaky fungují na principu fyzické bariéry mezi zdrojem roztočových alergenů (matrací, polštářem a přikrývkou) a člověkem. Na výrobu povlaků proti roztočům se používají tkaniny a netkané textilie vyrobené technologií spunbond příp. meltblown.

Roztoči bytového prachu vylučují proteiny, které mají schopnost alergizovat a poškozovat tím výstelku dýchacích cest. Do organismu se dostávají zejména vdechováním přímo z lůžka, ve kterém lidé spí. Pro omezení alergické reakce je potřeba zabránit styku alergické osoby s roztoči bytového prachu.

2.1. Požadavky na povlaky proti roztočům

Mezi hlavní požadavky alergických osob ke snížení jejich alergických příznaků patří redukce roztočových alergenů. Dle zdroje [10] se redukce roztočů stává důležitým léčebným opatřením u alergického astmatu, chronické alergické rýmy a často i u atopického ekzému. Alergologové svým pacientům doporučují úpravu domácího prostředí.

Protiroztočové povlaky vyrábí v dnešní době mnoho výrobců. Powlaky se liší způsobem výroby, použitým materiálem, plošnou hmotností, apod. Nejčastěji se pro výrobu povlaků používají tkaniny s vysokou dostavou a netkané textilie vyrobené metodou spunbond případně meltblown.

Podle zdrojů [11,12] musí textilie použité na výrobu protiroztočových povlaků plnit následující funkce:

- Filtrovat částice o velikosti nejmenších alergenů (6 - 10 μm).
- Propouštět vodní páry.
- Propouštět vzduch.

Účinnost protiroztočových povlaků vychází ze schopnosti nepropouštět alergenů a roztočů k člověku. Materiál použitý na výrobu těchto textilií by měl mít co nejmenší plošnou porozitu. Velikost pórů by se měla pohybovat ve velikosti nejmenších alergenů (6 - 10 μm). Porozita ovlivňuje výsledný komfort a účinnost textilie při průniku prachových roztočů a jejich alergenů.



Obr. 2 Příklad uzavření polštáře do speciálního povlaku [13]

Mezi důležité vlastnosti plošných textilií určených pro výrobu bariérových povlaků patří životnost výrobku. Dlouhodobé každodenní používání povlaků způsobuje mechanické poškození. Protiroztočové povlaky mohou být použity jako klasické ložní prádlo. Uzavírají lůžkoviny (polštář, přikrývku a matraci) a přijdou tak do přímého kontaktu s pokožkou. Dle zdroje [10] výrobci povlaků doporučují povléci lůžkoviny do protiroztočových povlaků a také do klasického povlečení. Tím nedochází k přímému kontaktu s lidskou pokožkou a zvýší se životnost speciálního povlaku.

Podle zdroje [14] lze životnost textilních výrobků vyjádřit řadou objektivně měřitelných vlastností, mezi které patří pevnost, odolnost v oděru (v ploše i v hraně) a proti žmolkování, posuvu nití nebo posuvu nití ve švu apod. Životnost výrobku ovlivňuje frekvence používání a údržby, tzn. praní nebo chemického čištění. U často používaného výrobku se hodnotí snadnost údržby. S údržbou souvisí rozměrová stálost, stálost vybarvení ve vodě, v chemickém čištění, v potu a otěrech a při žehlení odolnost vůči

vyšším teplotám. Degradaci textilií napomáhá nevhodné dávkování pracích detergentů. V mnoha domácnostech, kde žijí alergici přetrvává zvyk ložní prádlo vyvářet při 90 °C. Tento postup praní znehodnocuje textilie. Jak bylo uvedeno výše, roztoči umírají při teplotě 55 °C.

Zdroj [10] uvádí, že k zajištění maximální účinnosti protiroztočových povlaků je nezbytné, uzavřít všechny polštáře i přikrývky, které se v lůžku vyskytují. Před prvním použitím výrobci doporučují vysát matraci vysavačem a navléci povlak. Výrobci stanovují interval praní bariérových povlaků dvakrát za rok. Z důvodu nepřetržitého uzavření lůžkovin v povlacích dochází k prokazatelnému vyhynutí roztočů uvnitř povlaků.

Účinnost povlaků byla zkoumána v několika studiích zaměřujících se na tuto problematiku, které jsou uvedeny v následující kapitole.

2.2. Studie zabývající se bariérovými povlaky proti roztočům

Ve studii [15] byla prověřována protiroztočová a antialergenová efektivita povlaků.

Testování proběhlo u 53 různých textilií získaných z deseti států. Dále byly do testování zařazeny tři vzorky běžně dostupného bavlněného povlečení. Ve studii byla stanovena objektivní kritéria pro materiály použité k výrobě povlečení proti roztočům.

Přehled testovaných materiálů:

- Tkaniny s vysokou dostavou (30 povlaků).
- Netkané textilie (10 povlaků).
- Polyvinylchloridový povlak. (1 povlak).
- Tkaniny s membránou (4 povlaky).
- Netkané textilie s membránou (3 povlaky).
- Tkaniny s akaricidní vrstvou (1povlak).
- Netkané textilie s akaricidní vrstvou (1 povlak).
- Kombinace tkanin a netkaných textilií (3 povlaky).
- Klasické bavlněné povlečení (3).

Tkaniny s vysokou dostavou vyráběné z přírodních nebo syntetických vláken mají pravidelnou strukturu. Konstrukce tkanin s velikostí pórů pod 10 µm zabrání průniku roztočových alergenů. [15]

Netkané textilie určené pro povlaky proti roztočům jsou vyrobené technologií spunbond, případně meltblown. Podle zdroje [16] je pro tyto textilie charakteristická neuspořádaná struktura. Zpevnění netkaných textilií se provádí termicky (působením tepla a tlaku) nebo chemicky (impregnací). Zdroj [9] uvádí, že u netkaných textilií výrobci nedoporučují časté praní. Praní způsobuje uvolnění vláken, čímž se narušuje struktura textilie.

Polyvinylchloridové povlaky neobsahují žádné póry. Na druhé straně nepropouští vzduch ani vodní páry. Pro běžné používání se nedoporučují právě s ohledem na nepropustnost pro vzduch a vodní páry. Při dlouhodobém uzavření lůžkovin (matrace, polštáře a přikrývky) vzniká problém tvorby plísní. Mezi další negativní vlastnosti patří tuhost a šustivost materiálu. [9]

Laminované povlaky jsou složené ze dvou vrstev. První v tomto případě tvoří tkanina nebo netkaná textilie, na kterou se nalaminuje membrána z polymerního materiálu (2-10 μm). Podle zdroje [17] se nanesením membrány zlepšují vlastnosti vyrobené textilie. Zlepšení vlastností zahrnuje vysokou odolnost proti průniku vody, ale zároveň propouští vodní páry. Hlavní nevýhodou je nízká odolnost při praní. Praním dochází k oddělení membrány od textilie, čímž se stává povlak nadále nepoužitelným. [9]

Tkaniny a netkané textilie s akaricidní vrstvou. Látky zvané akaricidy hubí živé roztoče, proto se přidávají do textilií určených na ochranu proti roztočům. Ve studii [18] byla antiroztočová látka vpravena do struktury polypropylenové textilie. Následkem toho se statisticky významně snížila koncentrace guaninu. Guanin je silný alergen, který se nachází v bytovém prachu. Účinnost textilie s nanesenou akaricidní vrstvou klesá po vyprání.

Ve studii [15] byly testovány následující vlastnosti textilií:

- Průnik tepla.
- ELISA testy.
- Průnik prachových částic.
- Prodyšnost.
- Dostava u tkanin.
- Plošná hmotnost.
- Tloušťka.

Tabulka 1 ukazuje počet textilií, které pomocí metody průniku tepla propustí roztoče. Testování průniku tepla proběhlo třikrát z každé strany testovaných textilií. Dále tabulka ukazuje počet textilií, které nepropustí alergen. Tento test byl proveden třikrát na každé z textilií. Polyvinylchloridový povlak a tkaniny s vysokou dostavou nepropustí žádného roztoče skrz textilii. Dále z tabulky vyplývá, že 6 z 9 kategorií textilií nepropustí alergen s více než 97% účinností. Tkanina s akaricidní vrstvou propustí všechny roztoče.

Tabulka 1: Výsledky testování pro průnik tepla a propustnost alergenů [15]

Typ textilie	Počet testovaných textilií	Průnik tepla	Nepropustnost alergenů [%]		
		Počet textilií	Počet textilií	\bar{x}	s
Polyvinylchloridový povlak	1	0	1	100	-
NT s membránou	3	2	3	99,9	0
Tkaniny s membránou	4	4	1	99,9	-
Netkané textilie	10	5	8	95,6	8,6
Tkaniny	30	0	27	99,0	3,8
Kombinace NT a tkanin	3	2	3	98,5	1,5
NT s akaricidní vrstvou	1	1	1	97,5	-
Tkanina s akaricidní vrstvou	1	1	1	0	-
Běžné bavlněné povlečení	3	3	3	37,7	53,0

Tabulka 2 zobrazuje počet textilií, u kterých došlo k průniku prachu. Průnik prachu byl měřen třikrát na každé z testovaných textilií. Dále jsou v tabulce zaznamenány hodnoty prodyšnosti testovaných textilií, která byla proměřena desetkrát u každé textilie. Tkanina s akaricidní vrstvou propustila 100 % prachových částic. Naopak polyvinylchloridový povlak nepropustil žádný prach. Nulová a téměř nulová prodyšnost byla naměřena u polyvinylchloridového povlaku, netkaných textilií s membránou a tkaniny s membránou.

Tabulka 2: Výsledky testování pro průnik prachu a prodyšnost textilií [15]

Typ textilie	Průnik prachu			Prodyšnost [$\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$]	
	Počet textilií	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Polyvinylchloridový povlak	1	0	-	0	-
NT s membránou	3	0,6	0,2	0	0
Tkaniny s membránou	1	0,1	-	0,4	0,5
Netkané textilie	8	4,3	6,2	38,4	61,3
Tkaniny	27	1,8	3,4	4	4,2
Kombinace NT a tkanin	3	2,0	1,6	28,8	18,3
NT s akaricidní vrstvou	1	3,8	-	72,8	-
Tkanina s akaricidní vrstvou	1	100	-	140,6	-
Běžné bavlněné povlečení	3	62,6	52,6	52,4	1,5

Jako další vlastnost byla počítána dostava u tkanin, která je vyjádřena jako počet nití na jednotku délky, v tomto případě na čtverečný palec. Tkaniny s vysokou dostavou měly průměrně 265 nití/in^2 a směrodatnou odchylku 38,6. Kombinace tkanin a netkaných textilií měly průměrně 213 nití/in^2 se směrodatnou odchylkou 9. Tkanina s akaricidovou vrstvou měla 125 nití/in^2 . Běžné bavlněné povlečení mělo průměrnou dostavu 180 nití/in^2 se směrodatnou odchylkou 0,7.

Cílem studie bylo navrhnout kritéria pro účinné protiroztočové povlaky. Výsledek této práce ukazuje, že polyvinylchloridové povlaky a tkaniny s vysokou dostavou účinně blokují pohyb roztoče skrz textilií. Otázkou však zůstává zda i alergenů. Naopak běžné bavlněné povlečení a tkanina s akaricidní vrstvou nedokáže zajistit žádnou ochranu proti roztočům.

Kritéria pro efektivní povlaky byla stanovena následovně:

- Tkaniny s nepropustností pro alergenů větší než 99 %.
- Únik prachových částic menší než 4 %.
- Propustnost vzduchu mezi $2 - 6 \text{ cm}^3/\text{sec}/\text{cm}^2$.
- Minimální dostava u tkanin 246 nití/in^2 .
- Velikost pórů tkanin $2 - 10 \mu\text{m}$. [15]

Ve studii [19] bylo hodnoceno jedenáct druhů textilií, které byly porovnávány s klasickým povlečením. Hodnotila se prodyšnost a účinnost povlaků proti roztočům. Mezi hodnocenými materiály byly tkaniny, tkaniny s membránou, netkané textilie, bavlněné tkaniny ošetřené akaricidy.

Výsledky studie ukázaly, že nejvyšší prodyšnost byla naměřena u klasického ložního prádla. Laminované textilie byly účinné proti průniku prachu, ale zcela neprodyšné. Tkaniny s vysokou dostavou účinně blokovaly průchod roztočů a zároveň byly prodyšné. Dále bylo prokázáno, že minimalizace alergenů je důležitým krokem ke snížení závažnosti alergií. Snížení koncentrace roztočů v lůžku snižuje příznaky astmatu u vysokého počtu pacientů.

Studie [20] byla zaměřena na kvalitu povlaků při dlouhodobém užívání spotřebiteli. Účinnost povlaků se mění s používáním. U některých druhů netkaných textilií bylo zaznamenáno, že po vyprání byli roztoči schopni projít díky nepravidelné struktuře. Při použití tkaných povlaků nebyla struktura textilie narušena ani po uplynutí jednoho roku od neustálého používání s pravidelnou údržbou dvakrát do roka.

Výsledky uvedených studií naznačují, že uzavření matrací, polštářů a přikrývek do speciálních povlaků je základní součástí opatření proti roztočům bytového prachu. Požadavky na textilie proti roztočům jsou vysoké. Velikost pórů textilií by měla být menší než velikost alergenů. Textilie musí účinně filtrovat částice bytového prachu spolu s roztoči a jejich alergeny. Zároveň s tím musí textilie zajistit komfortní vlastnosti, jako je prodyšnost a paropropustnost.

S ohledem na zjištěné informace, budou v následujících kapitolách popsány jednotlivé vlastnosti, které budou hodnoceny v experimentální části.

3. KOMFORTNÍ VLASTNOSTI

Jak udává definice ze zdroje [21], komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly.

3.1. Termofyziologický komfort

Termofyziologický (fyziologický) komfort je stav lidského organismu, kdy jsou termofyziologické funkce na optimální úrovni. Je vnímán subjektivně jako stav teplotního pohodlí, ke kterému dochází, pokud jsou splněny následující podmínky:

- Teplota pokožky 33 – 35 °C.
- Relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10 \%$.
- Rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$.
- Obsah CO₂ ve vzduchu 0,07 %.
- Nepřítomnost vody na pokožce.

Termofyziologický komfort lze stručně charakterizovat pomocí základních parametrů, kterými jsou propustnost pro vodní páry a výparný odpor.

3.1.1. Relativní propustnost pro vodní páry

Měří se podíl odparu vodní páry ze zvlhčovaného porézního povrchu modelu. Jedná se o parametr, kde 100% propustnost znamená hodnotu tepelného toku q_0 získaného odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jaký má měřený vzorek. Zakrytím této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží na hodnotu q_v . Paropropustnost se poté vyjádří dle vztahu:

$$p = 100 * \frac{q_v}{q_0} \quad [\%] \quad (1)$$

kde q_v ...je plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavicí nezakrytou měřeným vzorkem [W/m^2]

q_0 ...je plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavicí zakrytou měřeným vzorkem [W/m^2]

p ...je relativní propustnost pro vodní páry [%]

3.1.2. Výparný odpor

Tento parametr hraje mimořádně důležitou úlohu při ochlazování těla odpařováním potu z povrchu lidské pokožky. Úroveň ochlazování závisí na rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a ve vnějším prostředí. Dále pak na propustnosti textilií pro vodní páry. Výparný odpor se zjistí podle vztahu:

$$R_{et} = (P_m - P_a) * (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (2)$$

kde R_{et} ...výparný odpor zkoušeného vzorku [$m^2 \cdot Pa/W$]

P_m ...nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa]

P_a ...parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]

3.1.3. Prodyšnost plošných textilií

Dle zdroje [22] je prodyšnost zařazena mezi vlastnosti určující možnost využití plošné textilie. U technických textilií se prodyšnost hodnotí z hlediska kvality výrobku.

U oděvních materiálů se pomocí prodyšnosti hodnotí komfort oděvu.

Termín prodyšnost označuje schopnost tkaniny propustit vzduch z jedné strany na druhou, při dodržení standardních podmínek. Zpravidla se udává průměrná hodnota prodyšnosti z minimálně 10 měření. To však nemusí být vždy dostačující. Zejména u bariérových textilií je potřeba zjistit hodnotu prodyšnosti v celé ploše. Pokud hodnoty v ploše výrazně kolísají, ovlivňuje to výslednou kvalitu textilie. Povlaky proti roztočům musí být rovnoměrné v celé ploše, aby byla zajištěna jejich účinnost.

3.1.3.1. Hodnocení prodyšnosti plošných textilií v ploše

U plošných textilií se prostřednictvím prodyšnosti měří rovnoměrnost textilie v ploše. Měření se provádí minimálně v takové délce textilie, která se shoduje s její šířkou. Prodyšnost se proměřuje v každém z bodů pravoúhlé sítě. Okrajové body se umístí 10 - 20 cm od pevného kraje textilie. Rozteče bodů jsou od sebe vzdáleny 10 cm. Na základě měření prodyšnosti lze zjistit případné nedostatky v technologii výroby, která souvisí s nerovnoměrností v ploše. Měřením je získán soubor dat. Data se uspořádají do jednotlivých cel, z nichž jsou poté vykreslena do 2D nebo 3D grafů. Pro důkladnější

analýzu lze provést dvoufaktorovou analýzu rozptylu naměřeného souboru dat. Kde lze pomocí statistických hypotéz určit, zda se jedná o nerovnoměrnosti v příčném či podélném směru textilie. [22]

3.1.3.2. Analýza rozptylu

Analýza rozptylu umožňuje ověřit, jestli má na hodnotu náhodné veličiny u náhodně zvoleného faktoru vliv hodnota některého znaku, který se dá u faktoru pozorovat. Existuje jedno-faktorová a dvoufaktorová analýza rozptylu. Pro vyhodnocení prodyšnosti plošných textilií v ploše se používá dvoufaktorová analýza rozptylu. V té se provádějí jednotlivé pokusy na různých hladinách dvou faktorů označených A a B. Kombinací těchto faktorů vzniká tzv. mřížková struktura se základním prvkem cela (buňka). V každé buňce se objevuje pouze jedna hodnota. Jedná se tedy o dvoufaktorovou analýzu bez opakování měření. [22,23]

Tabulka 3: Mřížková struktura pro dvoufaktorovou analýzu rozptylu [zdroj vlastní]

	B ₁	B ₂	B _n
A ₁		A ₂ B ₂	
A ₂			
A _n			

Pro tento případ má rovnice analýzy rozptylu tvar:

$$y_{ij} = \hat{\mu} + \alpha_i + \beta_j + \tau_{ij} \quad (3)$$

Kde $\hat{\mu}$... je celková střední hodnota

α_i ... složky odpovídající efektům faktoru A (efekty řádků, směr podélný)

β_j ... složky odpovídající efektům faktoru B (efekty sloupců, směr příčný)

$\tau_{ij} = C\alpha_i\beta_j$... je interakční člen, který je důsledkem různých kombinací sloupcových a řádkových efektů. V tomto případě, je použit nejjednodušší Tukeyův model interakce tzv. model neaditivity s jedním stupněm volnosti, kde je koeficient neaditivity C konstantou.

S použitím statistického programového balíku (např. QC Expert, MS Excel,...) je pak možné testovat hypotézy:

- H_{0a} = efekty faktoru A jsou nulové $\alpha_i = 0$. (rovnoměrnost je ve směru podélném).
- H_{0b} = efekty faktoru B jsou nulové $\beta_i = 0$. (rovnoměrnost je ve směru příčném).
- H_{0c} = interakce je nulová $C\alpha_i\beta_j = 0$.

Všechny testy se standardně provádějí na hladině významnosti 0,05.

Z hlediska prodyšnosti se jako jeden z nejdůležitějších parametrů považuje porozita materiálů.

4. POROZITA

Spatzierová [24] ve své práci udává, že porozita se vyskytuje ve všech textilních útvarech jako např. v přízi, tkanině, pletenině a netkané textilií. Plošné i délkové textilie nejsou plně zaplněné, obsahují póry.

Póry lze rozdělit do následujících skupin:

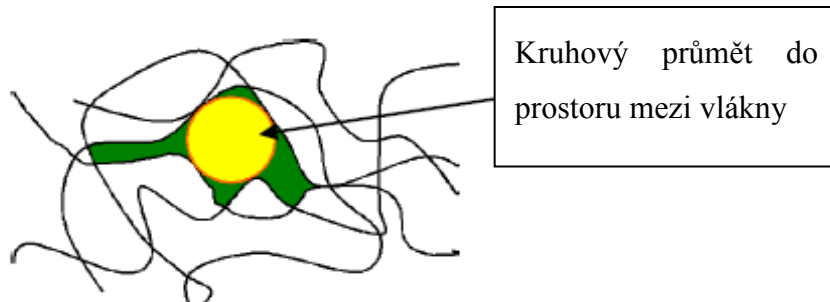
- Póry uvnitř vláken.
- Póry uvnitř nitě vytvořené mezi vlákny (tzv. mezivláknenné póry).
- Póry vytvořené mezi osnovními a útkovými nitěmi - tzv. mezinitné póry.

Velikost pórů je u tkanin ovlivněna dostavou, vazbou, ale i typem použitých přízí v osnově a útku. Další parametry, které mají zásadní vliv na velikost mezinitných pórů, jsou konečné úpravy tkaniny, jako je např. kalandrování (za působení tlaku popř. i tepla dochází ke zploštění přízí a následnému zaplnění mezinitných pórů tkaniny).

Dle zdroje [25] jsou netkané textilie obecně charakterizovány nepravidelnou strukturou a větší mírou neuspořádanosti oproti tkaninám a pleteninám. Netkaná textilie je určena použitými vlákny (jemnost, materiál, apod.) způsobem výroby vláknenné vrstvy (mechanický, přímo z polymeru, aerodynamický) a také zpevněním vláknenné vrstvy (vpichování, termické pojení, chemické apod.) Vlivem nestejněměrnosti rozptýlení vláken lze ve struktuře např. při filtraci očekávat snadnější průnik zachytávaných částic.

Hrůza ve své přednášce [26] uvádí, že porozita charakterizuje objem mezivláknenného prostoru, ale nevypovídá nic o jeho pozici, typu pórů, jejich velikosti, tvaru ani o jejich vzájemném uspořádání.

Velikost pórů je také spolehlivým měřítkem účinnosti filtru. Vztahuje se ke schopnosti filtru odfiltrovat částice určité velikosti. Při procesu filtrace je vhodné pór definovat jako vepsanou kružnici, popřípadě jako kouli u trojrozměrných objektů.



Obr. 3: Definice póru z filtračního hlediska [26]

Spatzierová [24] ve své práci uvádí, že porozitu lze určit na základě různých teoretických a experimentálních metod, ze kterých je potřeba vybrat tu nejefektivnější. S ohledem na složitost textilních struktur, obsahuje každá z metod nějaké zjednodušené předpoklady. Z tohoto důvodu je velmi obtížné, nalézt tu nejlepší variantu pro vyjádření porozity textilního materiálu.

4.1. Metody a modely pro zjišťování porozity

4.1.1. Porozita stanovená z podílu měrných hmotností

Havrdová [22] ve své práci uvádí, že porozita P_ρ stanovená z podílu měrných hmotností je vypočtena dle vztahu:

$$P_\rho = \frac{\rho_f - \rho_v}{\rho_f} = 1 - \frac{\rho_v}{\rho_f} \quad (4)$$

Kde $\rho_f \dots$ je objemová měrná hmotnost vlákenného materiálu [kg/m^3]

$\rho_v \dots$ je objemová měrná hmotnost textilie [kg/m^3]

Z hlediska vyjádření porozity může být nevýhodou zjednodušený předpoklad, že je textilie chápána jako plochá destička s rovinným spodním i horním povrchem. Reliéf povrchu plošné textilie však rovinný není a za póry textilie jsou chápány i prostory vyplněné vzduchem, který je mimo textilií.

4.1.2. Porozita stanovená z podílu objemu

Jako objemový podíl všech pórů lze porozitu textilií P_v [1] vyjádřit podle Neckáře [27] pomocí koeficientu zaplnění tkaniny, což je veličina vyjadřující podíl celkového objemu textilie a objemu vláken v textilním útvaru:

$$P_v = \frac{V_p}{V_{tk}} = \frac{V_{tk} - V_f}{V_{tk}} = 1 - \frac{V_f}{V_{tk}} = 1 - \mu_{tk} \quad (5)$$

Kde V_p ... je objem pórů [m^3]

V_f ... je objem vláken v textilním útvaru [m^3]

V_{tk} ... celkový objem textilie [m^3]

μ_{tk} ... je zaplnění tkaniny [1]

4.1.3. Porozita stanovená z plošného zakrytí

Je dle zdroje [27] definována jako doplněk plošného zakrytí, jehož výpočet vychází ze znalosti dostav a průměru nití. Předpokladem je kruhový průřez nití. Porozita P_s [1] z plošného zakrytí je vypočítána dle vztahu:

$$P_s = 1 - CF \quad (6)$$

Kde CF ... je plošné zakrytí [1]

Plošné zakrytí je vyjádřeno vztahem:

$$CF = D_o d_o + D_u d_u - d_o d_u D_o D_u \quad (7)$$

Kde d_o ... je průměr osnovní nitě [m]

d_u ... je průměr útkové nitě [m]

D_o ... je dostava osnovy [1/m]

D_u ... je dostava útku [1/m]

Dále dle zdroje [26] existují následující metody zjišťování porozity u textilních materiálů:

4.1.4. Obrazová analýza 2D obrazu.

Obrazová analýza 2D obrazu patří mezi přímé metody. Lze definovat různý tvar póru. Obrazová analýza je vhodná pro zkoumání malých ploch, je velmi časově náročná a drahá. Tuto metodu nelze použít pro trojrozměrné vrstvy.

4.1.5. Prosévání definovaných částic skrz textilii.

Tato metoda je omezena velikostí částic do desetin milimetru, pak jejich prosévání omezuje adheze k vláknům.

4.1.6. Průnik kapaliny skrz textilii.

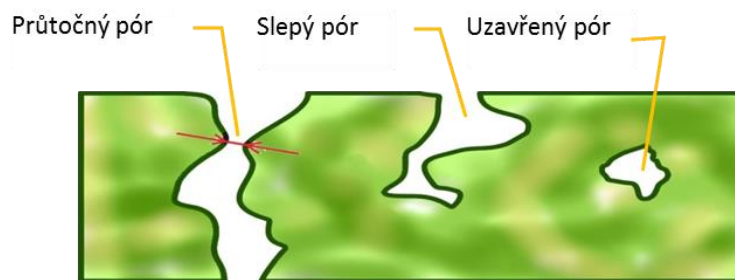
Sleduje se vztah mezi povrchovým napětím (mezi kapalinou a textilií) a tlakem, kterým je tekutina vytlačována z textilie (nebo naopak vtlačována).

- a) Smáčivá tekutina je vytlačována ven – bublinková metoda.
- b) Nesmáčivá tekutina je vtlačována dovnitř – mercury porosimetry.

V diplomové práci byla pro stanovení velikosti póru zvolena nepřímá metoda zjišťování velikosti póru, a to metoda bublinková.

4.1.6.1. Bublínková metoda

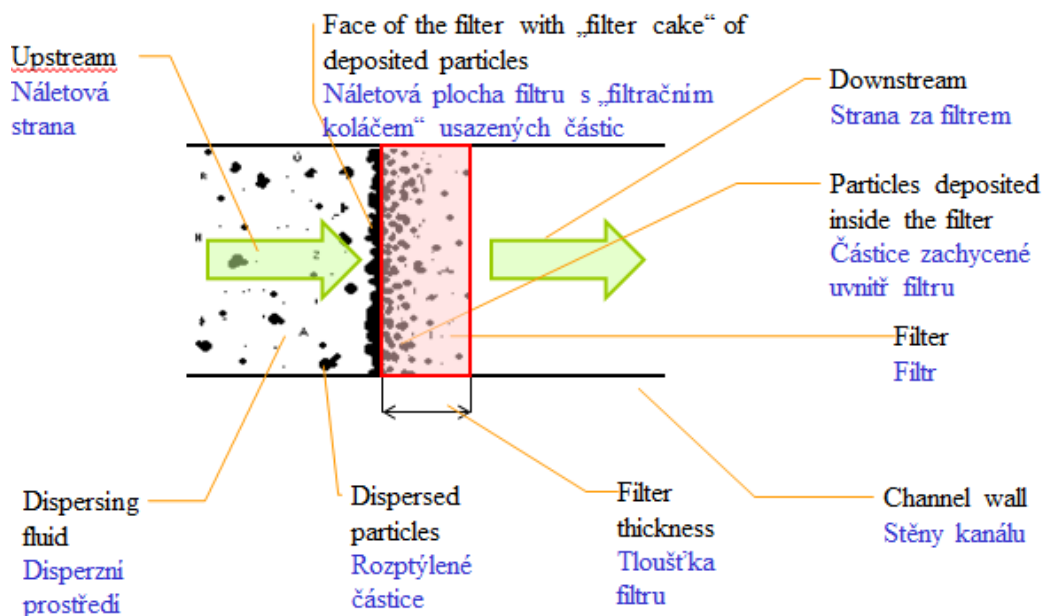
Jednoduchý způsob zjišťování maximálního a případně průměrného póru ve zkoumaném materiálu za použití vyšších tlaků. Jedná se o nepřímou metodu měření velikosti póru. Vláknový útvar je z jedné strany smočen kapalinou a z druhé působí tlak. Je měřen tlak potřebný pro dosažení průtoku vzduchu póry, které jsou vyplněny kapalinou. Výhodou této metody je definice tzv. „průtočného póru“ (flowpore), což je v podstatě vnitřní prostor filtru uspořádaný do tvaru kanálku spojující náletovou a odletovou stranu filtru. Jedná se v podstatě o řetězec jednotlivých pórů. Z měření jsou tak vyloučeny všechny „slepé póry“, kterými kapalina neproudí, a tudíž se neúčastní procesu filtrace. Na následujícím obrázku jsou znázorněny tvary pórů, které obsahují netkané textilie.



Obr. 4: Definice průtočného póru [28]

5. FILTRAČNÍ VLASTNOSTI

Dle zdroje [26] je filtrace proces oddělování rozptýlených částic z disperzního prostředí pomocí vlákněného útvaru. Disperzní prostředí může být plynné, nebo kapalné. Částice mohou být pevné, nebo kapalné (aerosol). Proces filtrace je zobrazen na obr. 5.



Obr. 5: Proces filtrace [26]

5.1. Efektivita filtrace

Je množství zachycených částic vztažené na celkové množství částic nalétávajících na filtr. Čím je vyšší efektivita, tím je filtrační materiál účinnější. Efektivita E je vyjádřena vztahem:

$$E = 1 - \left(\frac{G_1}{G_2} \right) [\%] \quad (8)$$

kde G_1 ... množství disperzního podílu za filtrem,

G_2 ... celkové množství disperzního podílu.

Efektivita filtrace se mění v průběhu filtračního procesu v důsledku zanášení částicemi. Částice zachycené na povrchu vlákna se samy stávají filtrem.

5.2. Životnost filtru

Vyjadřuje délku použití filtru. Může být vyjádřena jako množství částic, které filtr zachytí, než dojde k nárůstu tlakového spádu na definovanou mez. Životnost je určena rychlostí zanášení filtru a koncentrací částic před filtrem. Lze ji určit pomocí jímavosti J :

$$J = E_s * m_p \quad (9)$$

Kde E_s ... střední hodnota efektivity

m_p ... množství částic nanesených na filtr do chvíle, kdy dosáhne požadovanou mez

5.3. Tlakový spád

Tlakový spád Δp vyjadřuje odpor filtru vůči toku disperzního prostředí. Tlakový spád je opakem prodyšnosti filtru. Cílem je najít filtr s velkou efektivitou a nízkým tlakovým spádem.

$$\Delta p = p_1 - p_2 \quad (10)$$

Kde p_1 ... tlakový spád před filtrem [Pa]

p_2 ... tlakový spád za filtrem [Pa]

Tlakový spád se mění v průběhu procesu filtrace v důsledku zanášení filtru částicemi. Jeho růstem je obvykle dána životnost filtru. Buď naroste do hodnoty, kdy již není možné požadovaný objem disperzního prostředí transportovat skrz filtr, nebo dojde k poškození filtru, případně poklesu efektivity.

V současné době se při filtraci využívají nanovlákná. Díky jejich vlastnostem se zvyšuje efektivita zachytu.

5.4. Využití nanovláken při filtraci

V současné době představují nanovlákna nedílnou součást každodenního života. Veliký potenciál mají díky svým unikátním vlastnostem v oblasti filtrace. Dle zdroje [34] se mezi důležité vlastnosti nanovláken řadí:

- Malý průměr vláken, který se pohybuje do jednoho mikrometru (1000 nanometrů).
- Velký specifický povrch materiálu.
- Malé množství použitého materiálu.
- Malá velikost pórů.

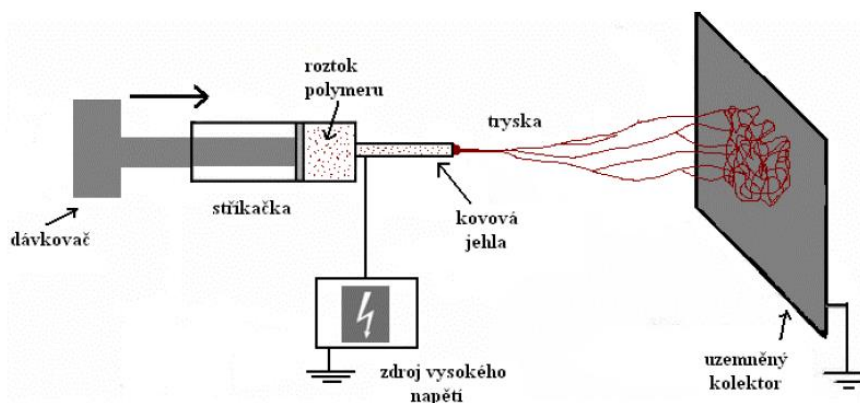
Pomocí nanovláken lze vyrobit efektivnější filtr, který klade menší odpor proudění.

U nanovláknenných filtrů dochází k ukládání filtrovaných částic na povrchu filtračního média, kde vytvářejí filtrační koláč.

5.4.1. Výroba nanovláken

V dnešní době se nanovlákna dají vyrobit několika způsoby. Mezi ně patří modifikace technologie melt-blown (rozfukování z taveniny) nastavená na tvorbu velmi jemných vláken, elektrospinning a tvorba bikomponentních vláken typu „islands in the sea“ s následným rozpuštěním matrice. [29,30]

V průmyslové výrobě se nejčastěji využívá metody elektrospinning. Dle zdroje [30] se jedná o výrobu vláken z roztoku či taveniny za přítomnosti elektrostatického pole. Působením elektrostatického pole se z polymerního roztoku vytahují vlákna a následně dopadají na sběrný pás, na kterém tvoří neuspořádanou nanovláknennou textilií.



Obr. 6: Schéma elektrostatického zvlákňování [31]

Textilie vyrobené metodou elektrospinning mají vysoký měrný povrch, malý průměr vláken, malou velikost pórů a to vše s použitím malého množství materiálu. Společnost Nanovia s. r. o. využívá k výrobě textilií proti roztočům technologii Nanospider™.

5.4.1.1. Technologie Nanospider™

Jedná se o unikátní technologii využívající technologii elektrospinningu. Vlákná se formují v závislosti na elektrostatickém poli z tenké vrstvy polymerního roztoku obsazeného ve vaničce. Tenká vrstva polymerního roztoku se na povrch dostává díky válcové elektrodě, na které vzniká více Taylorových kuželů. Čím větší je počet Taylorových kuželů, tím je produktivita stroje vyšší. Technologie Nanospider™ umožňuje vysokou rovnoměrnost průměru vláken a nanosené nanovláknenné vrstvy, ekonomicky výhodný provoz a snadnou údržbu, flexibilitu používaných polymerů a podkladových materiálů. [31,32]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6. POPIS REALIZOVANÉHO EXPERIMENTU

Experimentální část práce se zabývá hodnocením protiroztočových povlaků. Celkem tři dodané materiály poskytla společnost Nanovia s.r.o. Jedná se o dvě sendvičové netkané textilie, které obsahují vrstvu nanovláken a dále o textilií, která je kombinací tkaniny a netkané textilie s nanovlákennou vrstvou. Další materiály zakoupila společnost od konkurenčních firem. U všech druhů povlaků výrobci uvádějí jejich vysokou prodyšnost, paropropustnost a schopnost nepropouštět roztoče a alergenů. Účelem experimentální části práce bylo ověřit, zda tomu tak doopravdy je, a to pomocí certifikátu TÜV Nord pro alergiky, který je uveden v příloze 1. S ohledem na vybavení Technické univerzity v Liberci byly provedeny pouze některé z uvedených zkoušek.

Z komfortních vlastností byla měřena propustnost pro vodní páry na přístroji PERMETEST. Přístrojem FX 3300 byla proměřena prodyšnost textilií.

Filtrační účinnost byla ověřována pomocí dvou experimentů:

- ČSN EN 149 „Jemná filtrace atmosférického vzduchu pro respirátory“.
- ČSN EN 1822 „Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA)“.

Mimo požadavků v metodice byla hodnocena porozita materiálů, pomocí nepřímé metody (bublinkový test). Porozita je důležitou charakteristikou transportních vlastností textilních materiálů. Má úzký vztah zejména k prodyšnosti a filtračním vlastnostem.

Povlaky proti roztočům jsou používány každý den. Doporučená četnost údržby je dvakrát do roka. Z tohoto důvodu byly textilie znovu otestovány po sérii praní. Praní bylo realizováno v domácích podmínkách. Teplota praní byla stanovena na základě doporučených symbolů údržby: teplota 60 °C a šetrný postup praní. Textilie byly nejprve proměřeny po jednom cyklu praní. Po otestování textilií následovaly další tři cykly praní. Celkem byly textilie vyprány čtyřikrát. Čtyři cykly vyprání byly zvoleny s ohledem na doporučení práť povlaky dvakrát do roka. Záruční doba u povlaků je standardně dva roky. V experimentu se prověřovalo, zda jejich životnost a účinnost bude po tuto dobu zaručena.

U materiálů společnosti Nanovia s.r.o. (NW 70, NW 40 a W Micro) došlo k poškození již po prvním cyklu praní. Takto poškozené textilie byly nasnímány pomocí digitálního fotoaparátu a mikroskopu. U bariérových textilií je důležitá stejnoměrnost v ploše.

U materiálů NW 70, NW 40 a W Micro byla naměřena vysoká variabilita u jednotlivě naměřených vlastností. Z tohoto důvodu se u těchto materiálů proměřovala prodyšnost v celé ploše textilie a přilnavost povrstvení. S ohledem na dosažené výsledky byl vliv údržby na vlastnosti textilie sledován pouze u nepoškozených materiálů, které vydržely teplotu praní 60 ° C. Pomocí programu QC Expert byla ověřena normalita dat. Podle Kolmogorov – Smirnonova testu nebyla normalita dat zamítnuta.

6.1. Popis vzorků

Nanovia AntiAllergy

Nanovia AntiAllergy jsou textilie zabraňující průniku prachových roztočů a jimi produkovaných alergenů. Jejich princip spočívá v mechanickém záchytu prachových částic za pomoci nanovláknenné vrstvy. Samotná textilie je tvořena jako třívrstvý sendvič. [33]

Soudržnost textilie se zajišťuje zpevněním mezi ohřívány mi válci (rastrovacími kalandry), výrobce uvádí, že tzv. termobondingem, díky kterému nedochází k narušení nanovláknenné vrstvy. Při použití této technologie si textilie zachovává bariérovou funkci. Zároveň nedochází ke snížení prodyšnosti výsledného materiálu, tím je zachován fyziologický komfort textilie. Velikost mezivláknenných pórů musí být menší než velikost roztočů a jimi produkovaných alergenů. Výrobce je doporučeno prát povlaky dvakrát do roka. [33,34]






Společnost Nanovia nabízí tyto varianty provedení materiálu Nanovia Antiallergy:

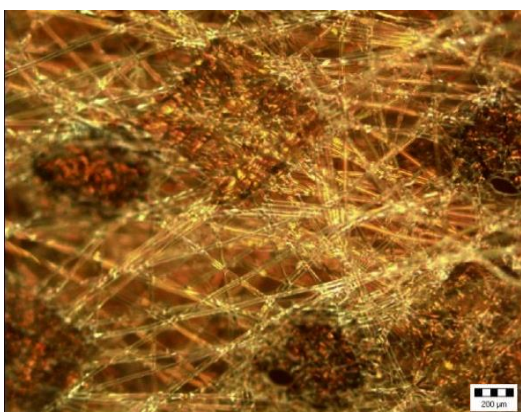
Nanovia AntiAllergy NW40

Druh textilie: Sendvič z netkané textilie (spunbond/nanovláknenná vrstva /spunbond).

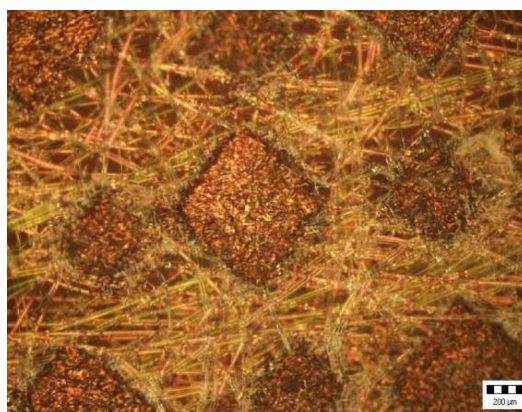
Materiálové složení udávané výrobcem: polyester/polypropylen.

Plošná hmotnost: 40 g/m².

Symbole údržby:     



Obr. 7: NW 40 Líc [vlastní zdroj]



Obr. 8: NW 40 Rub [vlastní zdroj]

Nanovia AntiAllergy NW 70

Druh textilie: Sendvič (Spunbond/nanovláknenná vrstva /spunbond).

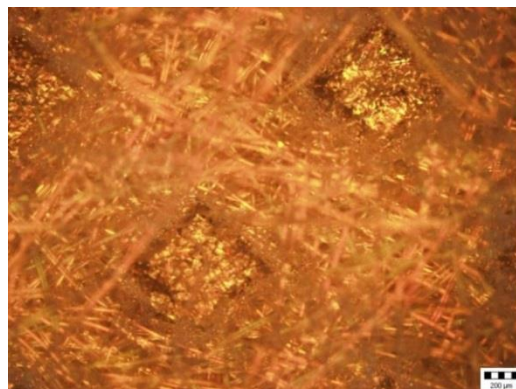
Materiálové složení udávané výrobcem: polyester/polypropylen.

Plošná hmotnost: 70 g/m².

Symbody údržby:     



Obr. 9: NW 70 Líc [vlastní zdroj]



Obr. 10: NW 70 Rub [vlastní zdroj]

Nanovia AntiAllergy W Micro

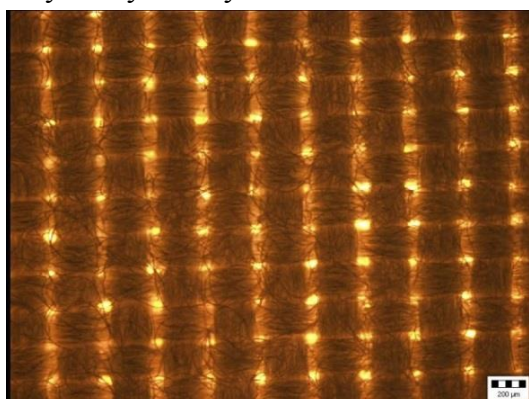
Druh textilie: Sendvič (tkanina /nanovláknenná vrstva /spunbond).

Materiálové složení udávané výrobcem: polyester/polypropylen.

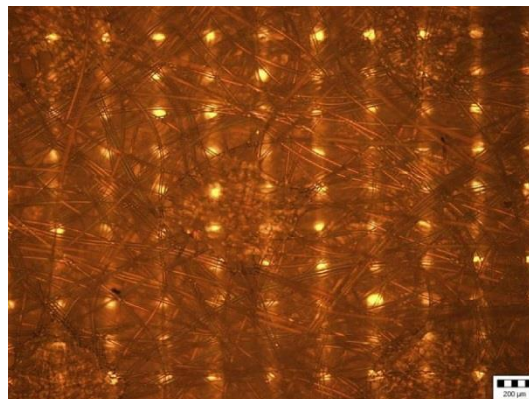
Plošná hmotnost: 110 g/m².

Dostava: osnovy 40 nití/cm, útku 30 nití/cm.

Symbody údržby:     



Obr. 11: W Micro Líc [vlastní zdroj]



Obr. 12: W Micro Rub [vlastní zdroj]

Evolon® 100






Jedná se o netkanou textilií vyrobenou z mikrovláken. [35] Při výrobě jsou použita nekonečná vlákna. Zpevnění se provádí pomocí technologie Spun-laced (zpevňování paprsky vody). Voda prochází mezi vlákennou vrstvou a zpevní ji bez jakýchkoliv dalších prostředků. Textilie se vyznačuje hustou strukturou, splývavostí a měkkým omakem.

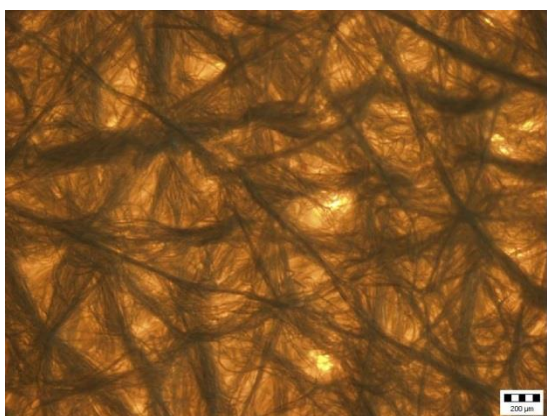
Společnost nabízí záruku 10 let garance nepropustnosti pro roztoče při pravidelném praní dvakrát ročně.

Materiálové složení udávané výrobcem: 70 % polyester, 30 % polyamid.

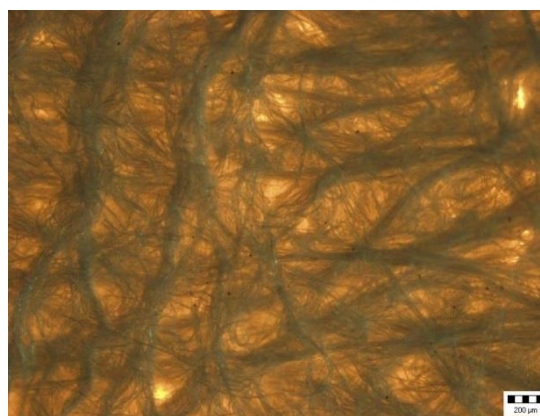
Plošná hmotnost: 100 g/m².

Druh textilie: Netkaná textilie Spunbond.

Symbyly údržby:     



Obr. 13: Evolon 100 Líc [vlastní zdroj]



Obr. 14: Evolon 100 Rub[vlastní zdroj]

Protiroztočové povlaky Pristine

Ve zdroji [36] výrobce uvádí, že bariérové protiroztočové povlaky Pristine se vyznačují hustou dostavou. Průměrná velikost pórů v textilií je 6 µm. Poblaky se tkají z mikrovláken. Speciální řešení krytí zdrhovadla zabráňuje případnému pronikání roztočů a jejich alergenů přes zdrhovadlo.

Výrobce doporučuje při prvním použití dodržet dobu 5 měsíců nepřetržitého uzavření lůžkovin v bariérových povlacích. V tuto dobu dojde k vyhynutí roztočů uvnitř povlaků.

Na povlaky Pristine Stop Alergii se vztahuje desetiletá záruka na nepropustnost pro alergenů při dodržení doporučeného způsobu použití.

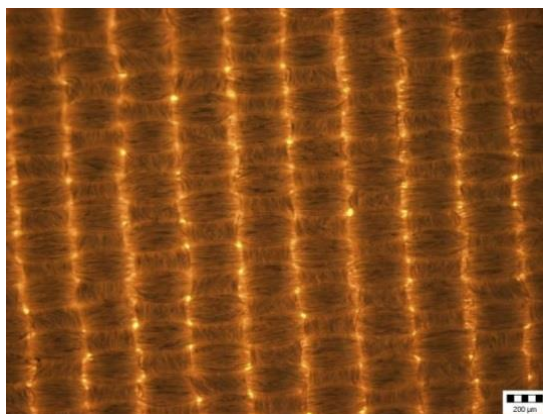
Materiálové složení udávané výrobcem: 100% polyester.

Plošná hmotnost: 160 g/m².

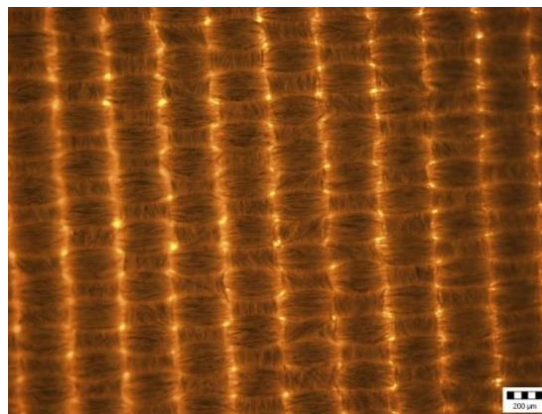
Druh textilie: tkanina s plátňovou vazbou.

Dostava: osnovy 42 nití/cm, útku 34 nití/cm.

Symbyly údržby:     



Obr. 15: Pristine Líc [vlastní zdroj]



Obr. 16: Pristine Rub [vlastní zdroj]

Bariérové povlaky ProtecSom

Podle zdroje [37] připomínají bariérové povlaky ProtecSom klasické povlečení. Jak uvádí výrobce, rozdíl spočívá v technologii tkaní, která zaručuje minimální pórovitost tkaniny. Technologie tkaní spočívá ve stlačení nitě ze všech stran před samotným tkaním. Během tkaní je tedy nit menším průměrem.

Při praní se nitě postupně vrací do původního stavu, rozšiřují se, a to má mít za následek vyšší zaplnění tkaniny. I za použití přírodních vláken bavlny je dosaženo velikosti pórů 5 - 6 µm. Jak uvádí výrobce, použití přírodních vláken bavlny zajišťuje propustnost pro vzduch a vodní páry. Při výrobě není použit zátěr, plastifikace, chemické ošetření akaricidy nebo syntetická vlákna.

Výrobce uvádí, že i po 100 pracích cyklech si povlaky zachovávají svoji účinnost.

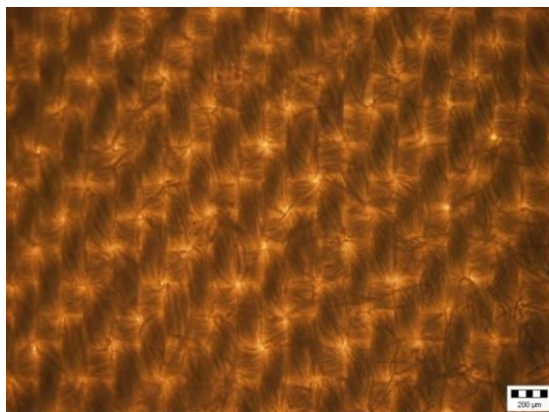
Materiálové složení: 100 % bavlna.

Plošná hmotnost: 140 g/m².

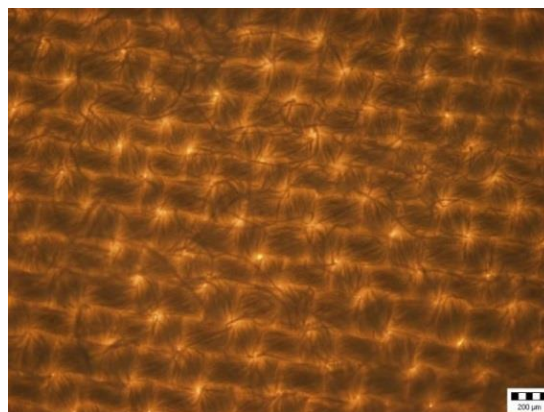
Druh textilie: tkanina s keprovou vazbou.

Dostava: osnovy 58 nití/cm, útku 50 nití/cm.

Symbole údržby:     



Obr. 17: ProtecSom Líc [vlastní zdroj]



Obr. 18: ProtecSom Rub[vlastní zdroj]

V příloze 2 jsou uvedeny klinické studie a atesty všech zmiňovaných materiálů.

6.2. Metodika měření

6.2.1. Prodyšnost textilie

Prodyšnost textilií byla definována v kapitole 3.1.3. Podstatou měření prodyšnosti textilie je zjištění rychlosti proudícího vzduchu, který prochází kolmo plochou plošné textilie při daném tlakovém spádu. Měření se provádí na přístroji FX 3300 Labotester. Přístroj je vhodný pro testování všech druhů textilních materiálů (od hustých technických textilií až po řídké netkané textilie). [21]

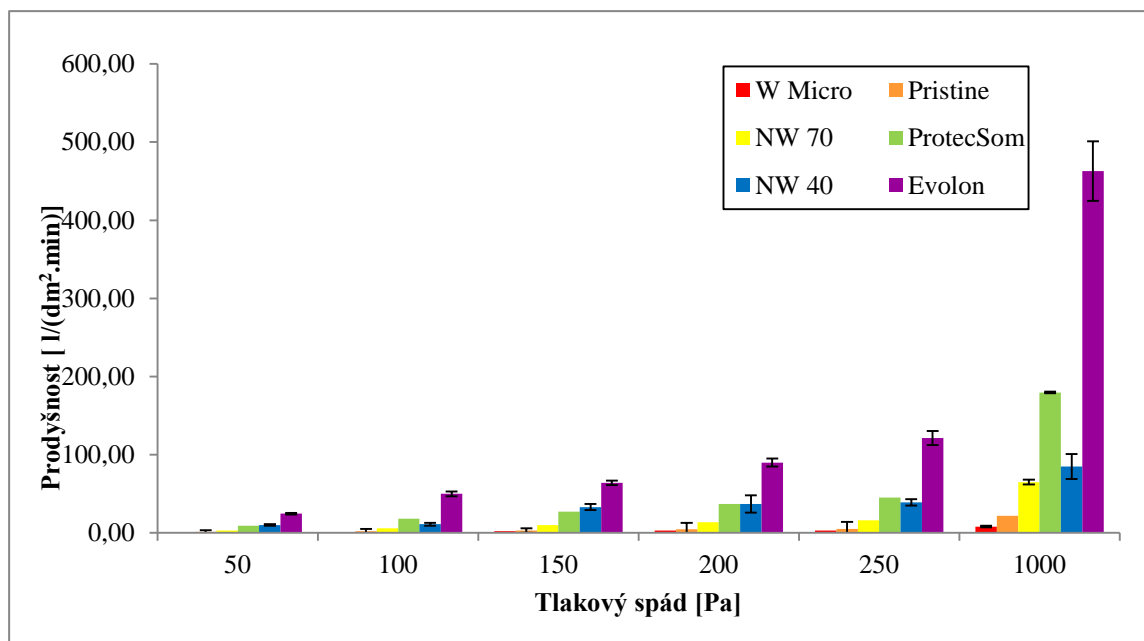
6.2.1.1. Postup měření

Měřené vzorky byly vloženy pod upínací rameno, jehož stlačením se uvede přístroj do chodu. Na displeji se zobrazí výsledek v předem zadaných jednotkách. Při měření bylo použito jednotek mm/s. Hodnoty byly kvůli metodice TÜV Nord (viz příloha 1) přepočítány na jednotky l/(dm².min). Tlakový spád se při jednotlivých měřeních měnil, dle požadavků metodiky TÜV Nord.

Každá textilie byla proměřena desetkrát při jednotlivých tlacích. Naměřené hodnoty byly poté zpracovány v počítačovém programu MS Excel.

Parametry měření:

- Upínací plocha: 20 cm²
- Tlakový spád: 50 Pa, 100 Pa, 150 Pa, 200 Pa, 250 Pa, 1000 Pa



Obr. 19: Průměrné hodnoty prodyšnosti při různých tlakových spádech.

Z obr. 19 vyplývá závislost prodyšnosti na výši tlakového spádu. Tedy se zvyšujícím se tlakovým spádem se zvyšují hodnoty prodyšnosti textilií. Dále budou v diplomové práci použity pouze referenční hodnoty prodyšnosti (uvedené v metodice TÜV Nord), které byly naměřeny při tlakovém spádu 200 Pa. Ostatní naměřené hodnoty prodyšnosti jsou uvedeny v příloze č. 3.

Tabulka 4: Prodyšnost textilií při referenčním tlaku

Prodyšnost textilií [l/dm ² .min] referenčním tlaku 200 Pa						
	NW 70	NW 40	W Micro	Evolon	Pristine	ProtecSom
\bar{x}	13,61	36,83	2,94	89,99	4,63	36,96
s	1,13	19,0	1,06	8,69	0,13	1,06
v [%]	4,98	30,94	21,74	5,79	1,71	1,72
95% IS	(12,91 - 14,31)	(25,06 - 48,61)	(2,28 - 3,60)	(84,6 - 95,38)	(4,55 - 4,72)	(36,31 - 37,62)

Z tabulky 4 jsou vidět vysoké hodnoty variačního koeficientu u materiálů NW 40 a W Micro, které signalizují nerovnoměrnost textilie v ploše.

6.2.2. Měření výparného odporu a paropropustnosti

Paropropustnost textilií a výparný odpor byly definovány v kapitolách 3.1.1. a 3.1.2. Měření probíhalo na přístroji PERMETEST. Dle Hese [26] přístroj funguje na základě měření tepelného toku procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní a je zavlhčován. Tím se simuluje funkce ochlazování pocením. Na povrchu je přiložen přes separační fólii měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována.

Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice (tzv. skin model) pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržována na teplotě okolního vzduchu (20 - 23 °C), který je do přístroje nasáván. Při měření se vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která pomocí separační fólie prochází vzorkem. Výparný tepelný tok je měřen snímačem. Jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie, nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. Nejprve se měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem a přístroj registruje tepelné toky q_0 a q_v .

6.2.2.1. Postup měření

Před měřením proběhla kalibrace přístroje dle příslušné referenční textilie. Každé měření probíhá ve dvou fázích. Nejprve bez vzorku a poté se vzorkem. Relativní propustnost vodních par byla přístrojem uvedena v [%] a výparný odpor v jednotkách [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]. Měření proběhlo při teplotě okolního vzduchu 22 °C. Každá z textilií byla proměřena desetkrát. Naměřené hodnoty paropropustnosti i výparného odporu jsou uvedeny v příloze č. 4. Tabulka 5 zobrazuje základní statistické výpočty paropropustnosti.

Tabulka 5: Paropropustnost textilií

Paropropustnost textilií [%]						
	NW 70	NW 40	W Micro	Evolon	Pristine	ProtecSom
\bar{x}	75,76	77,71	35,62	80,4	69,61	74,31
s	5,12	11,14	7,47	1,10	1,02	1,03
v [%]	6,76	14,32	20,96	1,37	1,46	1,39
95% IS	(72,59 - 78,93)	(70,90 - 84,72)	(30,99 - 40,25)	(79,72 - 81,08)	(68,98 - 70,24)	(73,67 - 74,95)

Všechny materiály vykazují podobné hodnoty paropropustnosti, pouze u materiálu

W Micro je hodnota mnohem nižší. Materiál W Micro má oproti ostatním opět vysokou hodnotu variačního koeficientu. Čím vyšší je hodnota paropropustnosti, tím nižší jsou hodnoty výparného odporu, viz tabulka č. 6.

Tabulka 6: Výparný odpor textilií

Výparný odpor [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]						
	NW 70	NW 40	W Micro	Evolon	Pristine	ProtecSom
\bar{x}	1,72	1,88	11,9	1,2	2,13	2,61
s	0,37	1,52	5,09	0,94	0,13	0,12
v [%]	21,72	80,74	42,75	7,86	5,88	4,59
95% IS	(1,49 - 1,95)	(0,94 - 2,83)	(8,75 - 15,05)	(1,14 - 1,26)	(2,05 - 2,21)	(2,54 - 2,68)

Hes [21] uvádí klasifikaci propustnosti textilií pro vodní páry následovně:

$R_{\text{et}} < 6$ - velmi dobrá

$R_{\text{et}} 6 - 13$ - dobrá

$R_{\text{et}} 13 - 20$ - spokojivá

$R_{\text{et}} > 20$ - neuspokojivá

Pouze jediný materiál W Micro byl zařazen do skupiny dobrá. Ostatní materiály se pohybovaly v průměrných hodnotách od 1,2 do 2,13. Jejich propustnost byla dle Hese [26] stanovena na velmi dobrá. Vysoké hodnoty variačních koeficientů měly oproti ostatním vzorkům textilie NW 40 (80,74 %), W Micro (42,75 %) a NW 70 (21,72 %).

6.2.3. Filtrace atmosférického vzduchu vysoce účinnými (HEPA) filtračními materiály

Proces filtrace spolu s filtračními vlastnostmi byl popsán v kapitole 5. Podle zdroje [38] tato metoda umožňuje měření vlastností vysoce účinných částicových filtrů vzduchu. Měření umožňuje stanovení distribuce velikostí zachycených částic a účinnost zachytu „nejhůře zachytitelných částic“. Jako testovací částice mohou být použity pevné látky (NaCl, KCl,...), nebo kapaliny (DEHS,...). Primárně je metoda určena pro zjišťování počátečních charakteristik filtrace. Přístroj MFP 1000 HEPA je zobrazen na obr. 20.



Obr. 20: Přístroj MFP 1000 HEPA [38]

Tabulka 7: Parametry měření [38]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Norma	ČSN EN 1822	
Velikost částic	120 - 2000	Nm
Typ částic	Běžné DEHS, nebo NaCl	
Rychlost proudění	0,5 - 16	m ³ /hod
Tlakový spád	10 - 2500	Pa
Velikost vzorku	100	cm ²

Nastavené parametry měření (dle metodiky TÜV Nord)

- Náletová rychlost: 2,5 [cm/s]
- Typ částic: DEHS
- Průtok vzduchu: 15 [l/min]

6.2.3.1. Postup měření

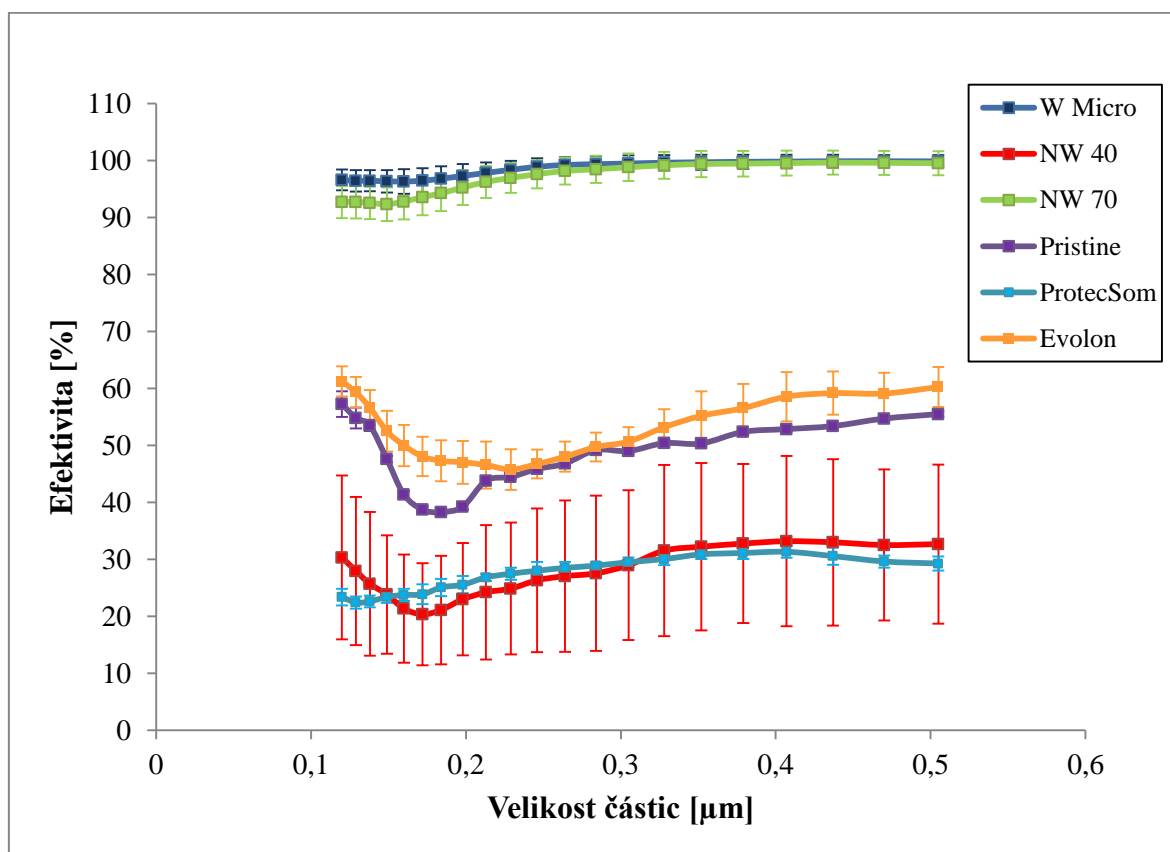
Test byl proveden s olejovým aerosolem DEHS. Měření probíhá ve dvou fázích. Nejprve bez vzorku. V této fázi se získají data o počtu a velikosti částic před filtrem. Ve druhé části měření je vzorek textilie o velikosti 15x15 cm vložen do zkušebního prostoru a měří se s testovaným materiálem. V tomto kroku jsou získána data naměřená za filtrem. Na vzorek postupně nalétávaly částice o velikosti 0,1 - 0,5 μm a byly zaznamenávány příslušné hodnoty efektivity pomocí počítačových programů PDControl a FTControl. Toto testování, které je určeno pro HEPA filtrace je poměrně finančně náročné. S ohledem na to, byla provedena tři měření, která předepisuje metodika TÜV Nord (viz příloha 1).

Tabulka 8: Účinnost záchytu prachových částic

Účinnost záchytu prachových částic [%]						
	NW 70	NW 40	W Micro	Evolon	Pristine	ProtecSom
\bar{x}	95,63	26,63	97,77	52,79	45,89	26,29
s	0,84	14,91	0,85	2,18	1,67	0,94
v [%]	0,88	56,00	0,87	4,13	3,65	3,56

Z tabulky 8 je zřejmé, že nejvyšší účinnost záchytu prachových částic o velikosti 0,1 - 0,5 μm byla naměřena u materiálů s nanovláknennou vrstvou NW 70 a NW Micro. Dále u materiálu NW 40 byla zaznamenána nejnižší efektivita záchytu s vysokým variačním koeficientem. Tyto hodnoty mohou vykazovat nepřesnosti s ohledem na nízký počet měření.

Na následujícím grafu jsou vidět průměrné hodnoty záchytu částic od velikosti 0,1 až 0,5 μm . Materiály byly proměřovány celkem třikrát, příslušné grafy jsou uvedeny v příloze 5. Na obr. 21 jsou zobrazeny zprůměrované hodnoty každého z měření.

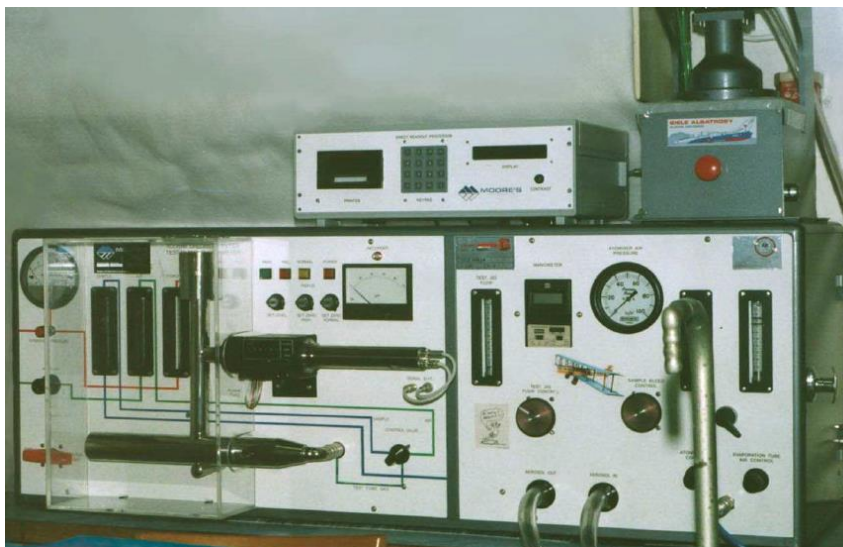


Obr. 21: Účinnost záchytu prachových částic

Porovnání efektivity záchytu s velikostí částic ukazuje vysoké rozdíly mezi jednotlivými materiály. Zatímco materiály NW 70 a NW Micro mají relativně nízkou prodyšnost, jejich efektivita záchytu je vysoká. Při velikosti částic 0,5 μm zachycují až 99,8 % částic. Naopak nejhorší efektivita byla zaznamenána u materiálu NW 40. Při velikosti částic 0,5 μm zachytil pouze 28,2 % částic.

6.2.4. Měření efektivity filtrace pomocí aerosolu NaCl

Zařízení, na kterém se provádí měření efektivity a tlakového spádu se nazývá Bench Mounting Rig type 1100 P. Používá se pro jemné a vysoce účinné filtry a respirátory. Zařízení měří odlučivost polydisperzních částic o velikosti od 0,02 do 2 μm (medián 0,65 μm) a tlakový spád při náletové rychlosti od 1,5 do 9,5 m/min. Koncentrace částic 13 mg/m³. Efektivita byla měřena dle normy EN 149: „Ochranné prostředky dýchacích orgánů - Filtrační polomasky k ochraně proti částicím“. Měření bylo provedeno pomocí aerosolu NaCl. [39] Testovací zařízení je zobrazeno na obr. 22. Parametry měření jsou shrnuty v tabulce 9.



Obr. 22: Bench Mounting Rig type 1100 P [39]

Tabulka 9: Parametry měření [39]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Norma	BS 4400, EN 143, EN 149	
Velikost částic	0,02 - 2 (medián 0,65)	μm
Typ částic	NaCl	
Rychlost proudění	0,05 - 0,158	m/s
Tlakový spád	2 - 2000	Pa
Velikost vzorku	100	cm^2

6.2.4.1. Postup měření

Roztok 10% NaCl je rozprášen a zbaven vody ve vypařovací trubici. Výsledkem jsou částice soli definované velikosti. Částice nalétávají předem definovanou rychlostí na testovaný vzorek (zároveň je snímán tlakový spád). V hořáku hoří modrý plamen směsi vodíku a vzduchu. Projdou-li testovaným filtrem částice NaCl, obarví plamen do žluta. Čím více částic, tím větší intenzita žluté barvy plamene. Intenzitu žluté barvy plamene snímá spektrofotometr. Hodnota průniku částic P testovaným materiálem je určena následujícím vzorcem:

$$P = U_1/U_2 [\%], \quad (11)$$

kde U_1 ...napětí naměřené na testovaném vzorku [mV]

U_2 ...maximální napětí [mV], naměřené na tzv. 100% vzorku. Tedy za situace, kdy v měřicí cele není upnut žádný vzorek. Pro přesné měření je nutné určit nulový stav přístroje, kdy v hořáku hoří pouze vodík a vzduch cestou I.

Vzduch může v přístroji procházet třemi cestami:

I. Cesta je pro určení nulového stavu přístroje a pro výměnu testovaného filtru - vzduch neprochází filtrem.

II. Cesta je pro určení tlakového spádu filtru a vyčištění přístroje – vzduch prochází filtrem, ale neobsahuje částice soli.

III. Cesta pro měření průniku částic filtrem. [38,39]

Měření proběhlo celkem pětkrát na každém z testovaných materiálů. Přístroj udává hodnotu průniku částic testovaným vzorkem, je tedy potřeba ji přepočítat na efektivitu zachytu:

$$E = 100 - P [\%], \quad (12)$$

Kde P ... je hodnota průniku částic testovaným vzorkem.

Tabulka 10: Naměřené hodnoty efektivit filtrace a tlakového spádu

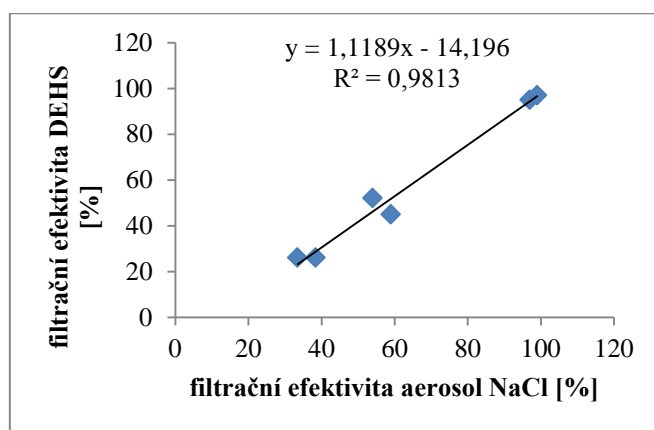
Efektivita filtrace [%] a tlakový spád [Pa]												
	NW 70		NW 40		W Micro		Evolon		Pristine		ProtecSom	
	E [%]	Tlak [Pa]	E [%]	Tlak [Pa]	E [%]	Tlak [Pa]	E [%]	Tlak [Pa]	E [%]	Tlak [Pa]	E [%]	Tlak [Pa]
\bar{x}	98	2780	33,4	298	99,6	6906	54,8	52,4	59,2	941	38,4	124
s	0,4	344	6,1	51,2	0,1	2502	0,8	1,1	0,8	6,7	2,1	1,9
v [%]	0,4	12,4	18,1	17,2	0,1	36,2	1,5	2,2	1,3	0,7	5,5	1,6
95% IS	(97,4 - 98,5)	(2353 - 3207)	(25,9 - 40,9)	(234 - 361)	(99,6 - 99,7)	(3799 - 10012)	(53,8 - 55,8)	(51 - 54)	(58,2 - 60,2)	(932 - 949)	(35,8 - 41,1)	(121 - 126)

Nejvyšší efektivita spolu s nejvyššími tlakovými spády byla naměřena u materiálů

W Micro a NW 70, zároveň se u vzorku W Micro objevila vysoká variabilita u tlakového

spádu. U materiálu NW 40 byla naměřena vysoká variabilita u tlakového spádu i u efektivity filtrace. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze č. 6.

Na obr. 23 je vidět vztah mezi naměřenou filtrační efektivitou pomocí aerosolu DEHS a filtrační efektivitou pomocí aerosolu NaCl. Z důvodu vysokých finančních nákladů na testování filtrace pomocí přístroje MFP 1000 HEPA bylo pro další testování (po praní) použito pouze přístroje Bench Mounting Rig (viz kapitola 7.5), který měří efektivitu zachytu pomocí aerosolu NaCl.



Obr. 23: Vztah efektivity zachytu pomocí aerosolu DEHS a aerosolu NaCl.

6.2.5. Shrnutí výsledků měření podle TÜV Nord.

Tabulka 11: Souhrnné vyhodnocení vzorků dle metodiky TÜV Nord:

Materiály:						
Vlastnosti:	NW 70	NW 40	W Micro	ProtecSom	Evolon	Pristine
Prodyšnost $\geq 1 \text{ l}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$	13,6	36,8	2,9	37	90	4,6
Výparný odpor $\leq 20 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$	1,7	1,9	11,9	2,6	1,2	2,1
Tlakový spád $< 1000 \text{ Pa}$	2780	298	6906	124	52	941
Záchyt částic $\geq 40 \%$	95,6	26,6	97,8	26,3	52,8	45,9
Zhodnocení:	Nevyhovující				Vyhovující	

Podle vyhodnocení metodikou TÜV Nord nově vyráběné povlaky společnosti Nanovia s.r.o. neodpovídají požadavkům pro udělení certifikátu vhodnosti pro alergiky.

Vysokým požadavkům uvedeným v metodice odpovídají pouze dva testované materiály:

Evolon (netkaná textilie) má při tlaku 200 Pa vysokou hodnotu prodyšnosti. Výparný odpor je dle Hese [21] velmi dobrý. Efektivita zachytu částic je vyšší než 50 %. Hodnota tlakového spádu je nejnižší z naměřených hodnot.

Pristine (tkanina) má oproti Evolonu mnohem nižší hodnotu prodyšnosti. Hodnota výparného odporu opět spadá do kategorie velmi dobrý. Efektivita zachytu je vyšší než 45 %. Tlakový spád je 941 Pa, což je mnohem vyšší než u Evolonu a blízko nejvyšší možné hodnotě uvedené v metodice.

V metodice není uvedeno testování velikosti pórů textilie, ale je to důležitý parametr, který určuje komfortní i filtrační parametry textilií.

6.2.6. Testování velikosti pórů pomocí bublinkové metody

Porozita a metody jejího zjišťování byly popsány v kapitole 4. Zařízení MACROPULOS 55 umožňuje měření velikosti submikronových pórů, které se mohou vyskytovat u nanomateriálů. Ty jsou klíčové pro membránovou filtraci. Přístrojem lze měřit průměrný a maximální pór porézního útvaru. Přístroj je zobrazen na obr. 24. Odpovídající norma k měření velikosti pórů je ASTM F316 03. Metoda vychází z předpokladu, že síla, která proniká pórem, je dána velikostí povrchového napětí a obvodu póru. Zároveň z druhé strany působí na textiliu tlak vzduchu, který se snaží kapalinu vytěsnit. [39]



Obr. 24: Macropulos 55 [vlastní zdroj]

Tabulka 12: Parametry přístroje Makropulos 55 [39]

Parametr	Hodnota	Jednotky
Minimální měřitelná velikost pórů	100	Nm
Maximální měřitelná velikost pórů	0,5	Mm
Aplikovaná kapalina	ethanol, minerální olej, voda	
Rozsah tlakového spádu	0 - 0,6	MPa
Velikost vzorku	19,6	cm ²

6.2.6.1. Postup měření

Pro určení velikosti pórů textilií bylo použito pět vzorků každé textilie. K dispozici byl minerální olej s povrchovým napětím 0,49 [mN/m].

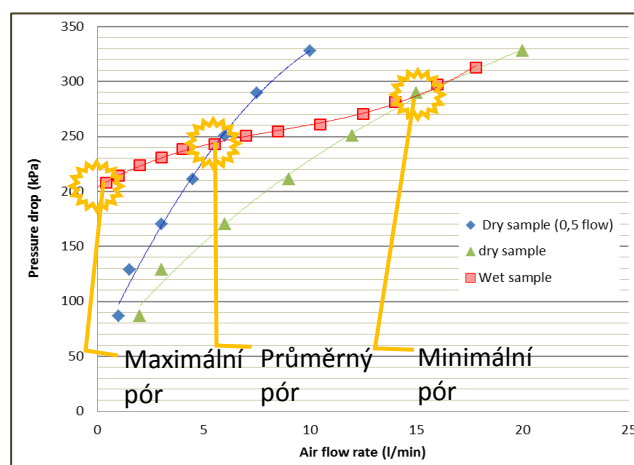
Postupně se proměřily všechny vzorky nejprve bez použití, poté s použitím minerálního oleje. Každý vzorek byl proměřen se zvyšujícím se tlakem, viz obr. 25. Naměřené hodnoty se staly výslednými pro tvorbu grafů. V každém grafu byly vytvořeny dva průběhy (jeden průběh byl vytvořen bez a druhý s minerálním olejem) závislosti tlaku na průtoku vzduchu. V místě jejich prolnutí se odečetla hodnota tlaku, která byla použita pro výpočet průměrného póru ze vztahu:

$$d = \frac{4\gamma}{\Delta p} \quad (13)$$

kde: d ... průměr póru [μm]

γ ... povrchové napětí kapaliny [mN/m]

Δp ... tlakový spád [Pa] [39]



Obr. 25: Ukázka stanovení tlakového spádu pro výpočet velikosti pórů [28]

Tabulka 13: Maximální velikost póru:

Maximální velikost póru [μm]						
	NW 70	NW 40	W Micro	Evolon	Pristine	ProtecSom
\bar{x}	38,7	76,3	4,3	75,3	17,8	66,1
s	7,4	22,1	0,9	8,0	1,9	9,9
v [%]	19,1	28,9	19,8	10,6	10,6	15,1
95% IS	(32,2 - 46,1)	(48,9 - 103,7)	(3,6 - 5,2)	(68,3 - 83,3)	(16,2 - 19,7)	(57,3 - 76,0)

Největší maximální velikosti pórů byly naměřeny u materiálů Evolon, NW 40 a dále u ProtecSom. U materiálu NW 40 byla zaznamenána i nízká efektivita zachytu částic. Naopak nejmenší hodnota maximálního póru byla naměřena u materiálu W Micro, u kterého byla naměřena i nejvyšší efektivita zachytu částic.

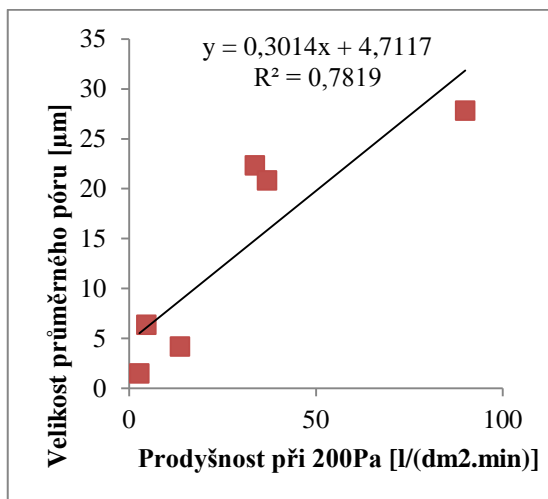
Tabulka 14: Průměrná velikost pórů:

Průměrná velikost póru [μm]						
	NW 70	NW 40	W Micro	Evolon	Pristine	ProtecSom
\bar{x}	4,2	23,3	1,5	27,8	6,4	20,8
s	1,2	7,5	0,7	2,7	11	4,0
v [%]	29,2	32,0	48,3	9,5	17,1	19,1
95% IS	(3,1 - 5,4)	(14,1 - 32,6)	(0,6 - 2,3)	(25,5 - 30,5)	(5,4 - 7,5)	(17,3 - 24,8)

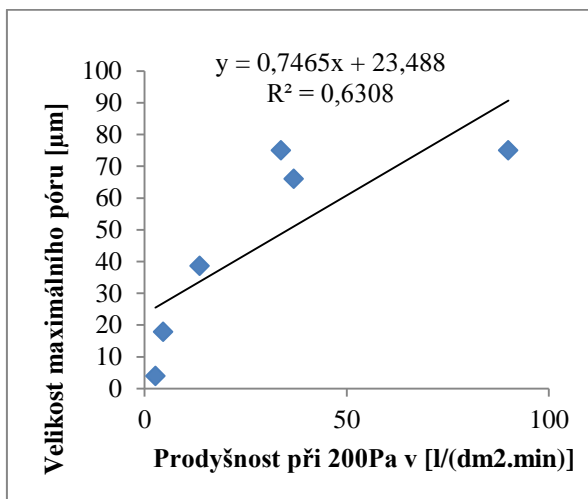
U průměrné velikosti póru byla nejnižší hodnota naměřena u materiálu W Micro, poté u materiálu NW 70. Oba materiály se vyznačují vysokou efektivitou zachytu částic. Zároveň materiál Pristine má nižší efektivitu zachytu než Evolon, ale průměrná i maximální velikost pórů je vyšší než u Pristine. Naměřené hodnoty maximálních a průměrných pórů jsou uvedeny v příloze č. 7. Dále byly zkoumány vztahy mezi naměřenými vlastnostmi materiálů.

6.2.7. Vztahy mezi naměřenými vlastnostmi

Na následujících grafech jsou zobrazeny vztahy mezi velikostí pórů textilií a prodyšností při referenčním tlaku 200 Pa.



Obr. 26: Vztah velikosti průměrného póru a prodyšnosti při tlaku 200 Pa



Obr. 27: Vztah velikosti maximálního póru a prodyšnosti při tlaku 200 Pa

Pomocí programu QC Expert byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient dle vztahu:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_p) \cdot (y_i - \bar{y}_p)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_p)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_p)^2}} \quad (14)$$

Kde: $x \dots$ je náhodná proměnná veličina

$y \dots$ je náhodná proměnná veličina

$\bar{x}_p \dots$ je střední hodnota proměnné x

$\bar{y}_p \dots$ je střední hodnota proměnné y

Na obr. 26 je zobrazen vztah velikosti průměrného a prodyšnosti textilie, Pearsonův korelační koeficient udává hodnotu 0,88.

Zdroj [40] uvádí přibližnou interpretaci hodnot korelačního koeficientu:

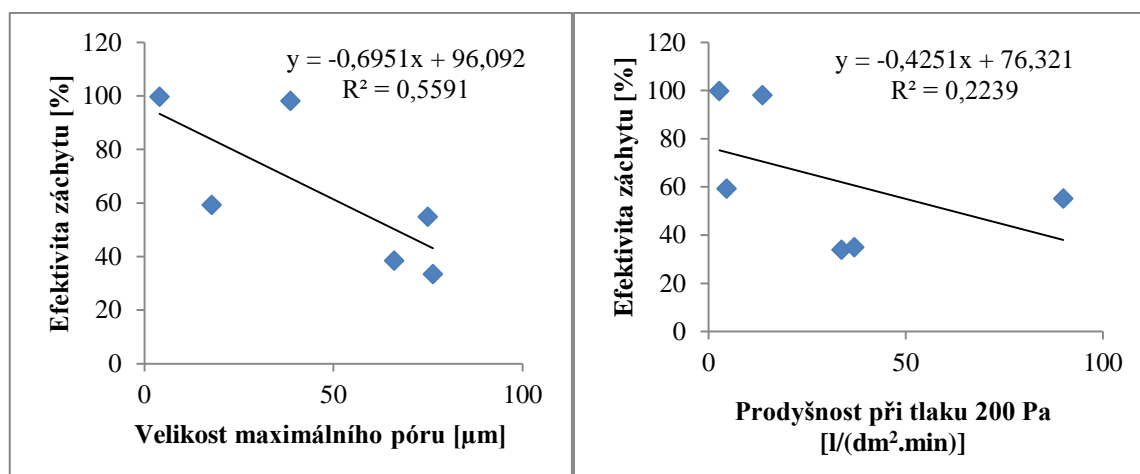
$ r = 1$	- Naprostá závislost (funkční závislost)
$1,00 > r \geq 0,90$	- Velmi vysoká závislost
$0,90 > r \geq 0,70$	- Vysoká závislost
$0,70 > r \geq 0,40$	- Střední závislost
$0,40 > r \geq 0,20$	- Nízká závislost
$0,20 > r \geq 0,00$	- Slabá (nepoužitelná) závislost
$ r = 0$	- Naprostá nezávislost

Dle uvedeného zdroje lze tedy říci, že mezi velikostí průměrného póru a prodyšností existuje vysoká závislost. Toto tvrzení je možné interpretovat tak, že při zvětšení velikosti průměrného póru naroste hodnota prodyšnosti.

Obr. 27 zobrazuje vztah velikosti maximálního póru a prodyšnosti textilie. Zde byl Pearsonův koeficient 0,8. Tato hodnota je nižší než u vztahu mezi velikostí průměrného póru a prodyšností, ale ukazuje také vysokou míru závislosti mezi velikostí maximálního póru a prodyšností.

Obr. 28 znázorňuje vztah mezi efektivitou záchytu a velikostí průměrného póru. Pearsonův korelační koeficient - 0,74 udává dle zdroje [40] také vysokou míru závislosti. V tomto případě je nutné podotknout, že se od sebe jednotlivé materiály liší konstrukcí i materiálovým složením. I přes odlišnosti v konstrukčních parametrech textilií lze říci, že pokud se sníží velikost maximálního póru, efektivita záchytu částic u materiálů vzroste.

Dále je na obr. 29 zobrazen vztah mezi efektivitou záchytu a prodyšností textilie. U tohoto grafu je hodnota Pearsonova korelačního koeficientu rovna - 0,48, což je dle zdroje [40] považováno za střední závislost. Tato závislost naznačuje, že s rostoucí prodyšností bude klesat efektivita záchytu.



Obr. 28: Vztah efektivita záchytu
a velikosti maximálního póru

Obr. 29: Vztah efektivita záchytu
a prodyšnosti při tlaku 200 Pa

6.2.8. Údržba textilií

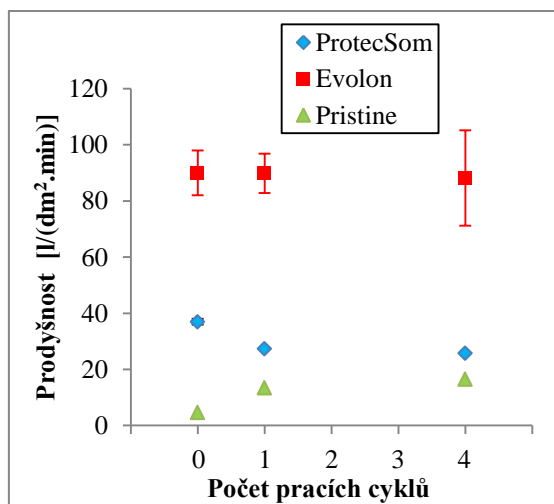
Všechny textilie byly podrobeny stejným podmínkám praní. Teplota praní byla zvolena s ohledem na doporučení většiny výrobců (viz kapitola 4. 1.) tedy na 60 ° C (šetrné praní v pračce, mírné mechanické působení, máchání při klesající teplotě vody a s mírným odstředováním). Sušení textilií bylo zvoleno na vzduchu, bez použití sušičky. Textilie byly sušeny v rozprostřeném stavu. Žehlení jednotlivých výrobků, bylo provedeno dle příslušných symbolů údržby, které uvádějí výrobci u svých materiálů (viz kapitola 4.1.).

U materiálů Pristine, ProtecSom a Evolon nedošlo po jednom cyklu praní k výrazným změnám vzhledu ani struktury. U těchto textilií následovalo opětovné proměření hodnocených vlastností (prodyšnost, paropropustnost, výparný odpor, efektivita filtrace, velikost průměrného a maximálního póru). Další sada vzorků (Pristine, Evolon a ProtecSom) byla podrobena čtyřem pracím cyklům při teplotě 60 °C a následovalo opět proměření hodnocených vlastností.

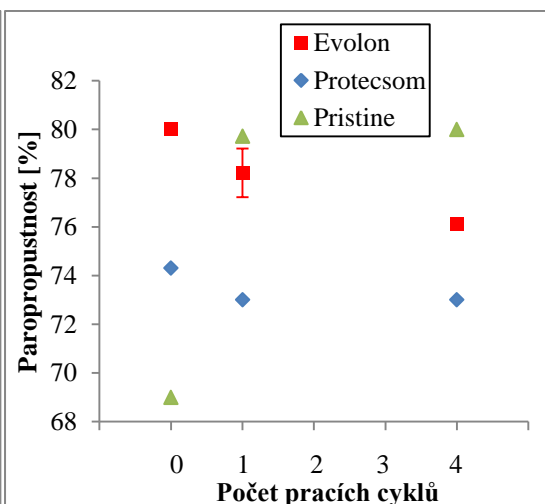
Naopak, u materiálů NW 70, NW 40 a W Micro došlo k poškození struktury již po prvním cyklu praní, a to k částečnému, či úplnému oddělení vrstev. Na materiálu NW 70 nedošlo k úplnému oddělení. Vrstvy si v některých místech zachovaly přilnavost. Po mechanickém ozkoušení odtržení vrstev, šly od sebe vrstvy snadno oddělit. K narušení struktury pouze v některých částech textilie došlo u materiálu W Micro. K úplnému oddělení vrstev po vyprání došlo u materiálu NW 40.

U materiálů (NW 70, NW 40 a W Micro) nebylo s ohledem na poškození možné dále testovat výše uvedené vlastnosti. Změny na textiliích byly nafoceny pomocí mikroskopu (NW 40, NW 70) a fotoaparátu (W Micro). Fotografie jsou uvedeny v příloze 8.

Následující grafy a tabulky ukazují změny hodnocených vlastností po vyprání u materiálů ProtecSom, Evolon a Pristine. Počet měření byl u jednotlivých vlastností shodný s počtem měření před vypráním materiálů. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze 9.



Obr. 30: Změna prodyšnosti textilií po údržbě



Obr. 31: Změna paropropustnosti textilií po údržbě

Obr. 30 zobrazuje změny hodnot prodyšnosti po jednom a čtyřech cyklech praní.

U textilií byly spočítány intervaly spolehlivosti při hladině významnosti 0,05. (viz příloha 9). Podle intervalů spolehlivosti je možné říci, zda se hodnoty před a po praní (jeden a čtyři cykly praní) statisticky významně liší, či nikoliv. U tkaniny Pristine došlo k nárůstu prodyšnosti. Intervaly spolehlivosti se nepřekrývají, tudíž vliv údržby je v tomto případě statisticky významný. U netkané textilie Evolon nedošlo k vysokému poklesu hodnot prodyšnosti. Intervaly spolehlivosti se překrývají, tudíž vliv údržby na materiál Evolon je statisticky nevýznamný. U tkaniny ProtecSom došlo ke snížení prodyšnosti u vzorku před praním a po jednom cyklu praní. Mezi jedním a čtyřmi cykly praní již nedošlo u prodyšnosti ke statisticky významnému poklesu.

Obr. 31 zobrazuje změny hodnot paropropustnosti po jednom a čtyřech cyklech praní.

U netkané textilie Evolon došlo ke statisticky významnému poklesu paropropustnosti.

U tkaniny ProtecSom se jednotlivé intervaly překrývají, tudíž údržba nemá statisticky významný vliv na hodnoty paropropustnosti. U tkaniny Pristine se hodnoty paropropustnosti významně liší.

Tabulka 15: Změny efektivity zachytu po praní

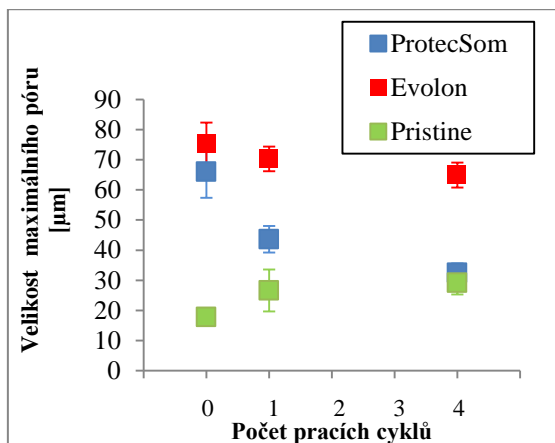
Efektivita záchyту částic [%] a tlakový spád [Pa]												
	Před praním				1 cyklus 60°				4 cykly 60°			
Materiál	E		tlak		E		tlak		E		Tlak	
	\bar{x}	95% IS	\bar{x}	95% IS	\bar{x}	95% IS	\bar{x}	95% IS	\bar{x}	95% IS	\bar{x}	95% IS
Pristine	59	(58,3-60,2)	941	(932-949)	51	(49,7-51,9)	479	(468-489)	51	(50-52)	403	(376-429)
Evolon	55	(53,8-55,8)	52	(51-58,8)	67	(64,3-69,6)	65	(58,9-70,1)	72	(70,6-73,9)	74	(70,3-79,3)
ProtecSom	38	(35,8-41,1)	124	(121-126)	51	(49,7-52,7)	219	(212-226)	56	(54-58)	242	(234-249)

U tkaniny Pristine došlo dle vypočítaného intervalu spolehlivosti k významnému snížení efektivity zachytu částic již po prvním praní. Také tlakový spád se po prvním pracím cyklu výrazně snížil.

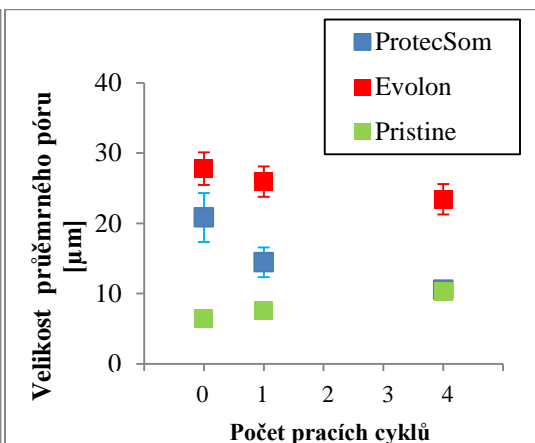
U textilií Evolon a ProtecSom došlo k významnému nárůstu efektivity zachytu již po prvním cyklu praní. Dále po vyprání došlo k růstu tlakového spádu u textilií Evolon i ProtecSom.

Obr. 32 a 33 ukazují změny velikostí maximálních a průměrných pórů po údržbě.

U tkaniny Pristine se v obou případech (maximální i průměrný pór) významně zvětšila jejich velikost. U tkaniny ProtecSom došlo vlivem údržby k významnému snížení velikosti pórů (maximálního i průměrného). Velikost pórů (maximálního i průměrného) se statisticky významně neliší po sérii prání u netkané textilie Evolon.



Obr. 32: Změna velikosti maximálního póru po údržbě



Obr. 33: Změna velikosti průměrného póru po údržbě

6.2.9. Delaminace nanovláknenné vrstvy od podkladového materiálu

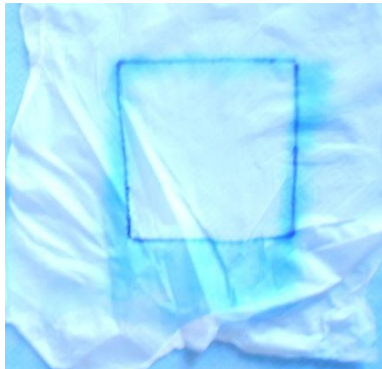

U materiálů NW 40 a NW 70 došlo při prání (60 °C) k delaminaci vrstev textilií. Materiál W Micro se oddělil nerovnoměrně pouze v některých místech textilie. Z tohoto důvodu byl navržen jednoduchý test, který ukazuje chování nanovláknenné vrstvy po namočení a následném vysušení. K tomuto byly použity vzorky materiálů s nanovláknem z Katedry netkaných textilií a nanovláknenných materiálů:

Vzorek 1: nanovláknenná vrstva z polyamidových vláken na podkladové netkané textilii spunbond.

Vzorek 2: nanovláknenná vrstva z polyuretanových vláken na papíře.

Před samotným testováním byl na vzorky nakreslen čtverec o velikosti stran 5 cm. Po namočení a následném vysušení došlo k oddělení nanovláknenné vrstvy od podkladové textilie a zároveň se zmenšila velikost označených čtverců. Fotografie a výsledky jsou zaznamenány v tabulce 16. Z tohoto testu vyplývá, že se nanovláknenná vrstva po namočení a usušení odděluje od podkladové textilie. Tento případ nastal i u materiálů NW 70, NW 40 a W Micro po vyprání a následném usušení.

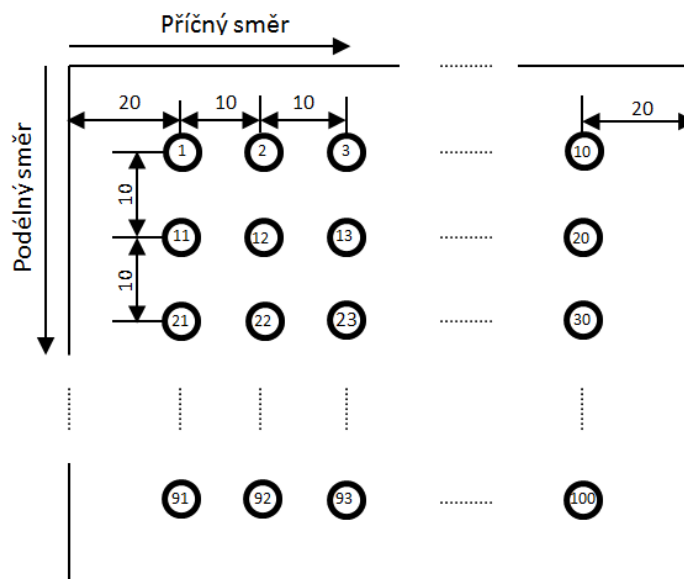
Tabulka 16: Delaminace nanovlákněné vrstvy po namočení a vysušení.

Vzorek 1 (Polyamidová vrstva nanovláken)		Vzorek 2 (Polyuretanová vrstva nanovláken)	
			
Původní rozměry čtverce 5x5 cm		Původní rozměry čtverce 5x5 cm	
Příčný směr: levá 4,6 cm pravá 4,8 cm	Podélný směr: dolní 4,8 cm horní 4,9 cm	Příčný směr: levá 4,6 cm pravá 4,9 cm	Podélný směr: dolní 4,8 cm horní 4,7 cm

Diplomová práce se zabývá především nově vyrobenými materiály společnosti Nanovia, které usilují o získání certifikátu TÜV Nord „vhodnost textilií pro alergiky“. U materiálů NW 40, W Micro a NW 70 byly u jednotlivých vlastností vypočítány vysoké hodnoty variačních koeficientů. Zvláště u bariérových textilií by měla být zachována rovnoměrnost textilie v celé ploše. Alergeny jsou schopny projít nejslabším místem na textilií. Pokud je naměřena vysoká variabilita, značí to nízkou bariérovou schopnost celé textilie. Z těchto důvodů byla proměřena rovnoměrnost textilie v celé ploše pomocí nedestruktivní zkoušky hodnocení prodyšnosti.

6.2.10. Měření rovnoměrnosti textilie

U souboru sendvičových textilií (NW 70, NW 40 a W Micro) se pomocí prodyšnosti měřila rovnoměrnost textilie v definované ploše. Rozteče bodů byly od sebe umístěny 10 cm. Na každé z textilií bylo hodnoceno 10 bodů v šíři a 10 bodů v délce textilie. Počet řádků $j = 10$, počet sloupků $i = 10$. Z naměřených hodnot byly sestaveny 3D grafy a také spočítána dvoufaktorová analýza rozptylu (bez opakování) dle kapitoly 3.1.3.2. V tabulce 17. Jsou uvedeny hodnoty základních statistických výpočtů.



Obr. 34: Schéma rozmístění bodů na zjištění prodyšnosti textilie v ploše [vlastní zdroj]

Tabulka 17: Základních statistické výpočty prodyšnosti v ploše pro jednotlivé materiály.

Prodyšnost v ploše [$\text{l}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$] při tlaku 200 Pa					
Materiál	Minimální hodnota	Maximální hodnota	\bar{x}	v [%]	95% IS
NW 70	5,7	17,8	11,8	26,9	(11,2 - 12,5)
NW 40	17,4	118,6	61,7	37,4	(57,2 - 66,2)
W Micro	1,5	9,0	3,3	57,7	(2,8 - 3,7)

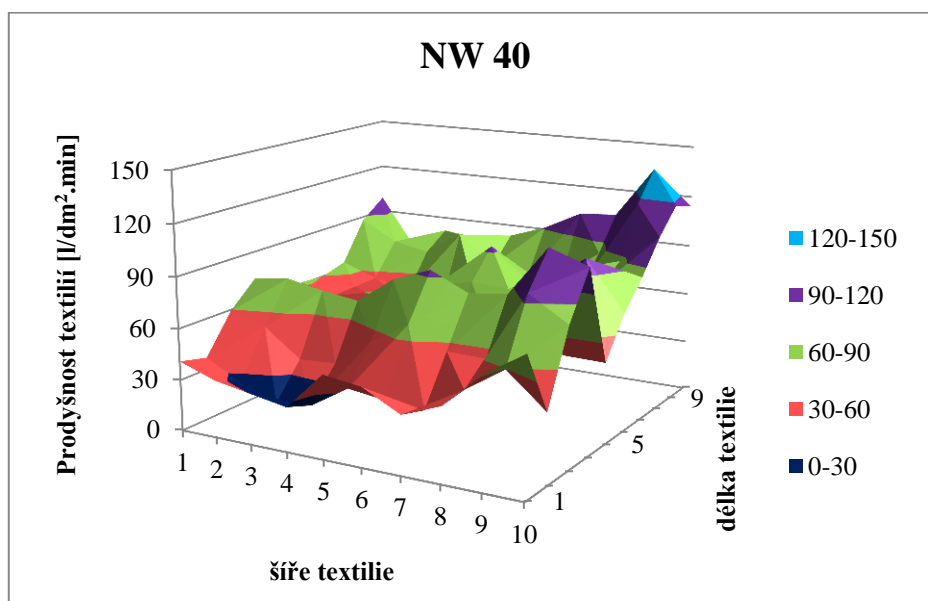
Z výše uvedených dat vyplývá vysoká hodnota variačních koeficientů. Nejvyšší hodnota byla vypočítána u materiálu W Micro, která dosahovala hodnoty téměř 58 %. Již z těchto hodnot vyplývá, že u textilií dochází při výrobě k nestejnoměrnosti v ploše. U každého procesu je možné sledovat nepříznivé vlivy a vytvořit podmínky tak, aby byl variační koeficient stabilní. Snížení variability značí stejnoměrnější výrobu, menší rozsahy kontrol spolu s nižšími náklady na kontrolu a dále vyšší spokojenost zákazníků. Stejnoměrnost textilií je u bariérových textilií velmi důležitá. Pokud není, vypovídá to o její kvalitě ve schopnosti záchytu, v tomto případě alergenů. Dle Čiháka [41] lze aritmetický průměr považovat za typickou hodnotu datového souboru, jestliže se hodnota variačního koeficientu pohybuje okolo 10 % (to svědčí o nízké variabilitě). Pokud se hodnoty variability pohybují okolo hodnoty 40 %, lze aritmetický průměr brát pouze jako orientační hodnotu. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze č. 10.

V následující tabulce je uvedena analýza rozptylu. Dále jsou zobrazeny 3D grafy, které zobrazují prodyšnost v ploše jednotlivých materiálů.

Tabulka 18: Analýza rozptylu u vybraných materiálů.

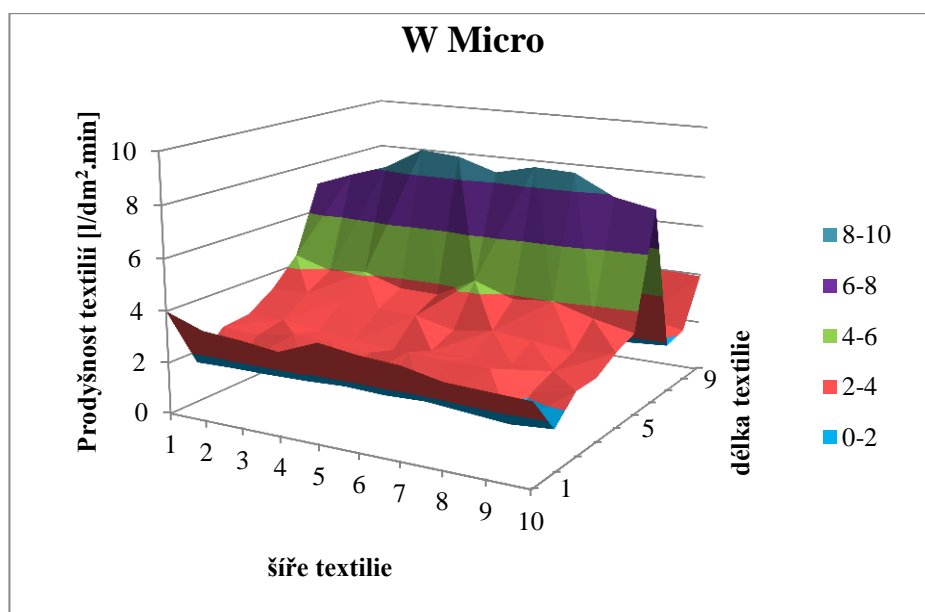
Materiál	v podélný směr [%]	v příčný směr [%]	H_{0a}	H_{0b}
NW 70	6,24	26,9	$152,1 > F_{krit.}$ zamítnuto	$2,2 > F_{krit.}$ zamítnuto
NW 40	25,6	34,8	$53,4 > F_{krit.}$ zamítnuto	$22,0 > F_{krit.}$ zamítnuto
W Micro	56,3	7,73	$445,2 > F_{krit.}$ zamítnuto	$2,6 > F_{krit.}$ zamítnuto
$F_{krit.} = (1,99)$				

Analýzou rozptylu bylo dokázáno, že u všech textilií se projevuje nerovnoměrnost jak v podélném, tak příčném směru. Hodnoty nerovnoměrnosti textilií byly vyneseny do následujících grafů.



Obr. 35: Hodnocení prodyšnosti v ploše u materiálu NW 40

U materiálu NW 40 se projevila nerovnoměrnost již při analýze rozptylu. Obr. 35 ukazuje jednotlivá rozpětí hodnot. U materiálu NW 40 bylo zaznamenáno nejvyšší naměřené rozpětí hodnot prodyšnosti, a to (17,4 – 118,6 l/dm².min).



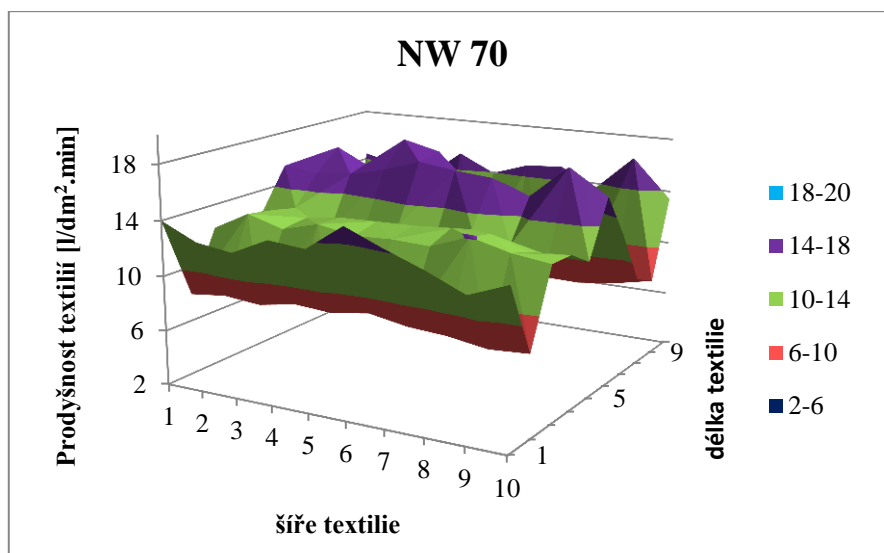
Obr. 36: Hodnocení prodyšnosti v ploše u materiálu W Micro

Materiál W Micro vykazuje vysokou neregulárnosť v podélnom smere, kedy po určité dĺžke dochádza k vysokému nárastu hodnôt prodyšnosti. U tejto textílie bola navyše proměřena veľkosť póru, práve v mieste kde došlo k vysokému nárastu hodnôt prodyšnosti. V tabuľke 19 jsou uvedeny hodnoty pro prodyšnost a velikost maximálního póru. Jedná se o hodnoty, které byly naměřeny ve čtvrté hodnotě šířky a páté až deváté hodnotě délky.

Tabulka 19: Prodyšnost a velikost maximálního póru.

	Prodyšnost [l/(dm ² .min)]	Maximální pór [μm]
W Micro	3,30648	3,9
	4,10914	5,1
	8,1464	5,7
	1,98269	3,2
	2,70748	3,8

Dle výše uvedeného vztahu (11) byl vypočten Pearsonův korelační koeficient. Hodnota 0,9 ukazuje podle zdroje [40] velmi vysokou závislost mezi velikostí maximálního póru a prodyšností. Tudíž je možné tvrdit, že pokud se zvýší velikost maximálního póru, zvýší se hodnoty prodyšnosti. Při zvýšení velikosti maximálního póru, lze očekávat pokles efektivity zachytu (viz kapitola 6.2.7.).



Obr. 37: Hodnocení prodyšnosti v ploše u materiálu NW 70

Materiál NW 70 vykazuje nejnižší hodnoty variačního koeficientu. Z povrchového grafu je vidět, že se variabilita projevuje jak v podélném, tak i příčném směru. V podélném směru se tvoří velké prohlubně. Pro přesnější vyjádření výsledků byla spočtena analýza rozptylu.

Mezi hodnocenými materiály byly třívrstvé textilie (NW 70, NW 40 a W Micro).

U vrstvených textilií je důležitá přilnavost vrstev. Vrstvené textilie se během používání a údržby mají tendenci oddělovat. Při oddělení vrstev od sebe mohou na textiliích vznikat otvory, kterými mohou projít roztoči i jejich alergen.

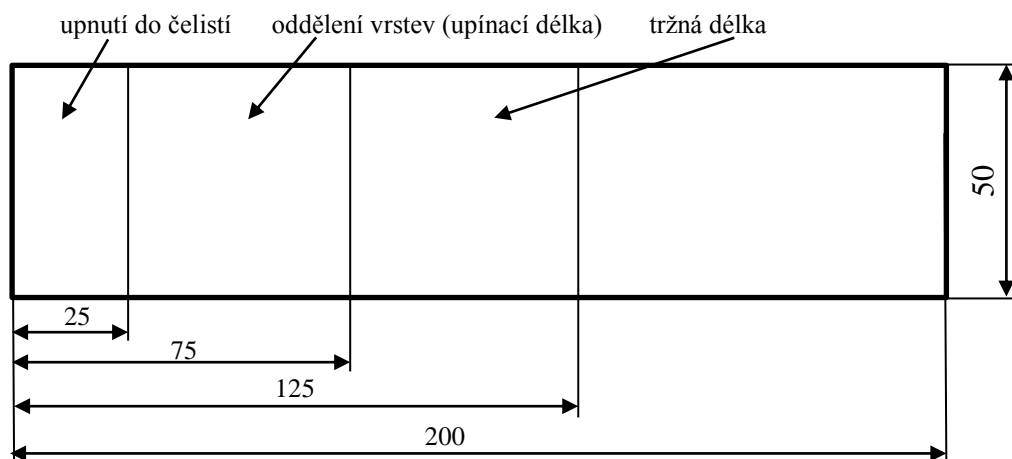
Z tohoto důvodu byly u sendvičových textilií provedeny zkoušky přilnavosti povrstvení.

6.2.11. Přilnavost povrstvení textilií

Tato zkouška spočívá v silovém působení na vrstvy textilie a jejich postupném oddělování. Provádí se podle normy ČSN EN ISO 2411 (80 0830). [42] Podle normy bylo připraveno pět zkušebních vzorků (v podélném a příčném směru) sendvičových textilií (NW 70, NW 40 a W Micro) o šíři 50 mm a délce 200 mm.

6.2.11.1. Postup měření

Nejprve bylo zapotřebí od sebe částečně oddělit vrstvy, aby je bylo možné upnout do čelistí trhacího přístroje. Upínací délka vzorků je určena normou [42] na 100 mm. Rychlost posuvu čelistí je stanovena na 100 mm/min. Po vložení vzorku do čelistí se materiál začíná oddělovat až do délky 50 mm na každé z vrstev. Počítač automaticky zpracovává naměřené hodnoty. Obr. 38 ukazuje naznačení jednotlivých bodů na vzorcích.



Obr. 38: Příprava vzorků před upnutím do čelistí.

Tabulka 20 ukazuje přilnavost vrstev textilií. Na delaminaci textilie NW 40 byla zapotřebí síla která nedosahovala hodnoty ani 0,5 N. U materiálu NW 70 je hodnota vyšší. Celkově však lze říci, že na delaminaci materiálů není zapotřebí vysoké síly. U materiálu W Micro nešly oddělit vrstvy od sebe tak, aby bylo možné textilií upnout do čelistí v požadovaném rozměru 50 mm. Při oddělování vrstev došlo k oddělení vláken od podkladové tkaniny, proto byla tato textilie vyřazena z měření.

Tabulka 20: Přilnavost povrstvení textilií

	NW 70		NW 40	
Maximální síla [N]	Podélný směr	Příčný směr	Podélný směr	Příčný směr
\bar{x}	5,7	3,6	0,2	0,3
s	3,05	2	0,04	0,02
v	53,9	55,4	21,1	7,9
95% IS	(1,9 - 9,4)	(1,1 - 6,1)	(0,15 - 0,26)	(0,26 - 0,32)
Maximální protažení [mm]	Podélný směr	Příčný směr	Podélný směr	Příčný směr
\bar{x}	113,3	100,6	99,5	105,156
s	9,7	7,0	6,4	3,9
v	8,6	6,9	6,5	3,7
95% IS	(101,2 - 125,4)	(91,4 - 109,3)	(91,5 - 107,5)	(100,3 - 110)

7. DISKUZE VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ PRO VÝROBCE

Hlavním cílem diplomové práce bylo vyhodnotit nově vyvinuté textilie společnosti Nanovia s.r.o. dle metodiky společnosti TÜV Nord, která uděluje certifikát vhodnosti textilií pro alergiky. Jednalo se o materiály NW 40 a NW 70 třívrstvé netkané textilie s vrstvou nanovláken. Dalším produktem společnosti byl materiál W Micro, který je kombinací tkaniny, nanovláknenné vrstvy a netkané textilie spunbond. Pro porovnání vlastností byly do testování zařazeny konkurenční již prodávané tkaniny Pristine a ProtecSom dále netkaná textilie Evolon. Jednotlivé materiály se od sebe liší materiálovým složením, konstrukcí apod. Jedno však mají společné, všechny materiály musí tvořit účinnou bariéru proti roztočům a jejich alergenům.

Tkanina Pristine splňuje požadavky metodiky TÜV Nord. Hodnota prodyšnosti je $4,6 \text{ l}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$, hodnota výparného odporu je $2,1 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$. Záchyt částic byl naměřen 45,9 % a tlakový spád 941 Pa. Průměrná velikost pórů je v intervalu 5,4 až 7,5 μm , která by odpovídala tvrzení výrobce, který udává průměrnou velikost póru 6 μm . Z hlediska bariérové funkce je významnější velikost největšího póru 16,2 až 19,7 μm . Výrobce uvádí, že při údržbě dvakrát za rok bude bariérová funkce textilie zachována po dobu 10 let. Výsledky testů však ukázaly, že již první prací cyklus má podstatný vliv na vlastnosti tkaniny Pristine. Významně se snížila efektivita záchytu a zároveň výrazně vzrostla prodyšnost a paropropustnost spolu s velikostí pórů (průměrného i maximálního).

Tkanina ProtecSom nesplňuje požadavky metodiky TÜV Nord. Hodnota prodyšnosti je $37 \text{ l}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$. Průměrná hodnota výparného odporu je o něco vyšší než u Pristine, a to $2,6 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$. Tlakový spád byl průměrně 124 Pa. Efektivita záchytu byla příliš malá, a to 26,3 %, díky nízké hodnotě záchytu částic nesplnila požadavky metodiky. Velikost maximálního póru se pohybovala v rozmezí 57,3 - 76,0 μm . Výrobce uvádí, že průměrná velikost póru tkaniny ProtecSom je 5 - 6 μm . Toto tvrzení je podle naměřených výsledků nesprávné. Naměřené hodnoty průměrného póru se pohybovaly v rozmezí 17,3 - 24,8 μm . Vliv údržby na tkaninu ProtecSom byl významný, došlo k poklesu hodnot prodyšnosti a nárůstu efektivit záchytu částic. Velikost maximálního i průměrného póru se zmenšila.

Netkaná textilie Evolon splnila požadavky na udělení certifikátu TÜV Nord. Hodnota prodyšnosti $90 \text{ l}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$ byla nejvyšší ze všech materiálů. Výparný odpor byl nejnižší ze

všech testovaných textilií, a to $1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$. Tlakový spád 52 Pa byl také nejnižší ze všech testovaných materiálů. Záchyt částic 52,8 %. Velikost průměrných pórů byla v intervalu 25,5 až 30,5 μm , což je mnohem vyšší než u materiálu Pristine. Maximální pór byl u netkané textilie Evolon v rozmezí 68,3 - 83,3 μm . Na materiál Evolon neměla z hlediska prodyšnosti ani efektivity záchytu částic vliv údržba. Průměrný i maximální pór se také statisticky významně nelišil po údržbě. Významně poklesla pouze paropropustnost netkané textilie.

Třívrstvá textilie NW 40 s nanovláknennou vrstvou nesplňuje požadavky metodiky. Jejím hlavním nedostatkem je nízká účinnost záchytu částic 26,6 %. Hodnoty velikosti maximálního póru se pohybují v rozmezí 48,9 - 103,7 μm , což byly nejvyšší naměřené hodnoty ze všech textilií. Dále se u textilie NW 40 projevila vysoká variabilita spočítána pomocí variačního koeficientu u jednotlivých vlastností, např. hodnota prodyšnosti byla $36,8 \text{ l}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$ a variabilitou 31 %. Z tohoto důvodu bylo provedeno hodnocení prodyšnosti textilie v ploše, které ukázalo vysokou variabilitu v podélném i příčném směru textilie. Doporučená údržba stanovená výrobcem na 60 °C (šetrný způsob praní) byla označena za nevyhovující. U textilie došlo k oddělení vrstev po jednom pracím cyklu. Vrstvené textilie se během používání a údržby mají tendenci oddělovat, proto bylo provedeno testování přilnavosti vrstev. Testování přilnavosti vrstev ukázalo maximální hodnotu pevnosti v obou směrech pod 0,5 N. K oddělení vrstev tedy dochází již při mírné zátěži.

Třívrstvá textilie NW 70 s nanovláknennou vrstvou také nesplňuje požadavky metodiky. U této textilie byla naměřena vysoká efektivita záchytu částic 95,6 %. Jejím hlavním nedostatkem je však vysoký tlakový spád 2780 Pa. Velikost maximálního póru byla významně nižší 32,2 - 46,1 μm než u materiálu NW 40. Doporučená údržba textilie NW 70 je také nevhodná. Po prvním cyklu praní došlo k oddělení vrstev. Vysoká variabilita prodyšnosti v ploše se projevila v podélném i příčném směru textilie NW 70. Zkouška přilnavosti vrstev ukázala maximální hodnotu pevnosti v příčném směru 1,1 až 6,1 N a podélném směru 1,9 až 9,4 N. Tyto hodnoty jsou vyšší než u textilie NW 40, ale také nedosahují vysokých hodnot.

Třívrstvá textilie W Micro složená z tkaniny, nanovláknenné vrstvy a netkané textilie spunbond by také nezískala certifikát společnosti TÜV Nord. Prodyšnost textilie W Micro byla z testovaných textilií nejnižší, a to $2,9 \text{ l}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$. Naopak výparný odpor byl

naměřen nejvyšší $11,9 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa} / \text{W}$. U materiálu byla naměřena nejvyšší efektivita zachytu částic 97,8 % a s tím také nejvyšší tlakový spád 6906 Pa. Při údržbě textilie došlo k částečnému oddělení vrstev již po prvním vyprání. U textilie W Micro byla proměřena prodyšnost v ploše. V podélném směru byla zaznamenána vysoká variabilita 56,3 %. Tato hodnota ukazuje vysokou nerovnoměrnost, která je pro tyto textilie klíčová. Zkouška přilnavosti vrstev nebyla u tohoto materiálu proveditelná. Při ručním oddělování se od podkladové tkaniny oddělila pouze vlákna a tím nebylo možné vzorek upnout do čelistí trhacího přístroje.

Ve studii [15] byla také stanovena kritéria pro účinné povlaky proti roztočům.

Dle požadavků této studie by únik prachových částic neměl být vyšší než 4 %, ale studie neuvádí velikost prachových částic. Při zachytu prachových částic pomocí aerosolu NaCl by podmínku splnil materiál W Micro s hodnotami v rozmezí 99,5 - 99,6 % a NW 70

97,4 - 98 %. U ostatních materiálů je hodnota zachytu mnohem nižší.

Propustnost vzduchu byla ve studii [15] stanovena na hodnotu $2 - 6 \text{ cm}^3 / \text{sec} / \text{cm}^2$, aby bylo možné výsledky porovnat, bylo nutné přepočítat výsledky prodyšnosti z jednotek $\text{l} / (\text{dm}^2 \cdot \text{min})$.

U studie [15] nebyla pro prodyšnost uvedena hodnota tlakového spádu. Z tohoto důvodu byla použita referenční hodnota při 200 Pa. Výsledky se u jednotlivých textilií liší. Jediný materiál, který se nacházel v intervalu $2 - 6 \text{ cm}^3 / \text{sec} / \text{cm}^2$ byl NW 70 s hodnotou $2,3 \text{ cm}^3 / \text{sec} / \text{cm}^2$. Materiály ProtecSom a NW 40 měly hodnotu prodyšnosti $6,1 \text{ cm}^3 / \text{sec} / \text{cm}^2$. Nejvyšší hodnota prodyšnosti byla naměřena u netkané textilie Evolon $15 \text{ cm}^3 / \text{sec} / \text{cm}^2$. Materiály W Micro a Pristine a měly hodnotu prodyšnosti $0,5 \text{ cm}^3 / \text{sec} / \text{cm}^2$ a $0,6 \text{ cm}^3 / \text{sec} / \text{cm}^2$.

Minimální dostava u tkanin je stanovena na hodnotu 246 nití/in². Po příslušném přepočtu toto splnila pouze tkanina ProtecSom 449 nití/in². Tkanina Pristine měla 221 nití/in². Kombinace netkané textilie a tkaniny W Micro měla 186 nití/in². Velikost pórů tkanin má být v rozmezí 2 - 10 μm , není zde určeno, zda pro průměrný nebo maximální pór. Z hlediska průniku roztočů je důležitý maximální pór. Tuto podmínku by splnil pouze materiál W Micro, kde je velikost maximálního póru v intervalu 3,6 - 5,2 μm . Podle kritérií studie [15] by žádná z textilií nesplňovala všechny uvedené požadavky.

Jak již bylo řečeno, hlavním požadavkem společnosti Nanovia s.r.o. bylo zhodnocení vlastností dodaných materiálů (NW 70, NW 40 a W Micro) podle normy „vhodnost textilií pro alergiky“ (viz příloha 1). Materiály NW 70, NW 40 a W Micro nevyhověly všem požadavkům uvedených v normě (viz kapitola 6.2.5.). S ohledem na výsledky měření a zjištění závislostí mezi naměřenými vlastnostmi je společnosti doporučeno u materiálu NW 40 snížit velikost pórů, čímž by podle zjištěných závislostí (viz kapitola 6.2.7.), došlo ke snížení prodyšnosti a naopak ke zvýšení efektivity zachytu. U materiálu NW 70 došlo k problému s vysokým tlakovým spádem. Podle naměřených hodnot tlakový spád materiálu NW 70 (viz příloha 6) narůstal s efektivitou filtrace, tudíž je možné se domnívat, že se snížením efektivity filtrace lze ovlivnit i výsledný tlakový spád. Tento problém (vysoký tlakový spád) nastal i u materiálu W Micro. Materiál W Micro vykazoval nejnižší hodnoty prodyšnosti (viz tabulka 4). S ohledem na tuto skutečnost, lze doporučit zvětšení velikosti pórů, tak aby byly zajištěny lepší hodnoty komfortních vlastností, ale zároveň zachována vysoká efektivita zachytu částic.

Dále byly všechny textilie podrobeny údržbě praním. Praní mělo negativní vliv právě na textilie NW 70, NW 40 a W Micro, které se jím poškodily. Z tohoto důvodu byl proveden test přilnavosti nanovláken k podkladovému materiálu (viz kapitola 6.2.9.), který ukázal že nanovlákná (polyamidová a polyuretanová) se po namočení a následném vysušení mají tendenci oddělovat od podkladu a srážet. S ohledem na tuto skutečnost bylo společnosti navrženo zvolit jiný druh pojiva. S tímto návrhem společnost souhlasila a v současné době již zkoumá různé typy pojiv, u kterých by nedocházelo k oddělení vrstev po praní. Dále byla u textilií NW 40, NW 70 a W Micro zjištěna nestejnomyšnost v ploše (viz kapitola 6.2.10.) Nestejnomyšnost textilie může mít negativní vliv na jednotlivé vlastnosti. Na nestejnomyšnost textilií může mít vliv řada faktorů, jako např. nestejnomyšnost podkladové textilie, nestejnomyšnost nanovláknenné vrstvy, či kombinace těchto dvou faktorů. S ohledem na neznalost přesného výrobního procesu se také může jednat o problém již při výrobě plošné textilie, nebo při následném zpevnění textilie, ale také je možná kombinace obou variant. Ze zjištěných výsledků bylo společnosti Nanovia s.r.o. oznámeno, že takto vyrobené textilie NW 40, NW 70 a W Micro nejsou vhodné pro použití u osob trpících alergií na roztoče.

ZÁVĚR

V diplomové práci byla řešena problematika související s narůstajícím množstvím výskytu alergií. Teoretická část zahrnovala seznámení s pojmem alergie. Podstatou alergie je nesprávná reakce organismu na cizorodé látky, označované jako alergeny. Příkladem je stoupající citlivost osob na roztoče bytového prachu. Velké množství roztočů se nachází v lůžku, kde mají nejvhodnější podmínky pro přežití. Je tedy nutné učinit opatření proti roztočům právě tam. V současné době se jeví jako nejúčinnější opatření použití protiroztočových bariérových povlaků. Ty mají za úkol omezit prostupnost roztočů a jejich alergenů z lůžkovin (matrací, peřin a polštářů) na povrch ke spící osobě. Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vlastnosti textilních materiálů používaných k výrobě protiroztočových povlaků, dle metodiky německé certifikační společnosti TÜV Nord „vhodnost textilií pro alergiky“. Teoretickou část uzavírá seznam vlastností, které byly v rámci diplomové práce hodnoceny.

Praktická část práce začíná popisem materiálů určených pro výrobu protiroztočových povlaků. Jedná se o tři nově vyvinuté materiály společnosti Nanovia s.r.o. Materiály NW 40 a NW 70 jsou třívrstvé netkané textilie s vrstvou nanovláken. Dalším produktem společnosti je materiál W Micro, jedná se o kombinaci tkaniny, nanovlákněné vrstvy a netkané textilie. K porovnání vlastností byly do testování zařazeny konkurenční již prodávané tkaniny Pristine a ProtecSom a dále netkaná textilie Evolon. Na materiálech byly proměřeny komfortní vlastnosti, filtrační charakteristiky a porozita textilií (viz kapitoly 3, 4 a 5). Dále byl zkoumán vliv údržby na hodnocené textilie.

Z výsledků zhotovených zkoušek vyplynulo, že pouze materiály Pristine (tkanina) a Evolon (netkaná textilie) splňují požadavky k získání certifikátu „vhodnosti textilií pro alergiky“ (viz kapitola 6.2.5.) Všechny textilie byly také podrobeny údržbě. Postup byl zvolen podle doporučení příslušných výrobců (viz kapitola 6.1.).

Z naměřených hodnot (viz kapitola 6.2.8.) vyplynulo, že údržba negativně ovlivnila vlastnosti tkaniny Pristine, kdy se významně zvýšila prodyšnost a významně klesla efektivita zachytu částic. U materiálu Evolon lze celkově říci, že nedošlo k výrazným změnám po údržbě. Tkanina ProtecSom nesplnila podmínky k udělení certifikátu. Vliv údržby na textilií byl významný, došlo ke snížení hodnot prodyšnosti a nárůstu efektivity zachytu částic

U materiálů NW 40, NW 70 a W Micro vycházela u jednotlivých hodnocených vlastností vysoká variabilita naměřených hodnot. Pro bariérové textilie je důležitá rovnoměrnost. Pokud je textilie nerovnoměrná, alergeny mohou projít nejslabším místem v textilií. Z tohoto důvodu bylo provedeno hodnocení prodyšnosti v ploše, které ukázalo vysokou nerovnoměrnost textilií (viz kapitola 6. 2. 10.) Dále se u textilií NW 40, NW 70 a W Micro ukázalo, že doporučený způsob údržby je nevhodný. Vrstvy textilií se po údržbě oddělily a nebylo možné tyto textilie dále testovat. Přílnavost vrstev je také důležitou vlastností, která určuje životnost povlaku. Při oddělení vrstev dochází k poškození struktury, kterou mohou projít roztoči. Na materiálech NW 70, NW 40 a W Micro byla testována přílnavost povrstvení, ačkoliv nebyly k dispozici předepsané hodnoty, kterých musí textilie dosahovat, maximální síla vynaložená k oddělení vrstev u materiálů NW 40 a NW 70 byla velmi nízká (viz kapitola 6. 2. 11.).

S ohledem na výše uvedené skutečnosti a výsledky testování lze říci, že takto vyrobené sendvičové textilie (NW 70, NW 40 a W Micro) obsahující nanovlákná nejsou vhodné pro každodenní použití jako bariérový povlak proti roztočům. Je však nutné podotknout, že technologie výroby se stále inovují. Textilie s nanovláknny mají vysoký potenciál využití s ohledem na jejich výborné filtrační vlastnosti. Společnosti bylo doporučeno zkoumat různé druhy pojiv, aby nedocházelo k oddělení vrstev textilií při použití a údržbě. Dále také zajistit rovnoměrnost textilií, protože právě ta je u bariérových textilií klíčová.

Z celkového hodnocení vyšly nejlépe tkanina Pristine a netkaná textilie Evolon. Tyto textilie se od sebe v jednotlivých vlastnostech významně liší. Nejlépe však podle hodnocení v metodice TÜV Nord dopadla textilie Evolon, která má oproti ostatním textiliím vysokou prodyšnost, nízký výparný odpor. Dále u ní byl naměřen nejnižší tlakový spád a dostatečná efektivita zachytu částic. Po údržbě textilie nedošlo k významné změně v hodnotách prodyšnosti, ale efektivita zachytu výrazně stoupla.

ZDROJE LITERATURY:

- [1] FERENČÍK, Miroslav. Imunitní systém: informace pro každého. 1. vyd. Překlad Kristýna Pokorná. Praha: Grada Publishing, c2005, 236, [4] s. ISBN 80-247-1196-6
- [2] DRAHOŇOVSKÁ, Hana. Víme si rady s alergií?: informace pro každého. 3., upr. vyd. Překlad Kristýna Pokorná. Praha: Státní zdravotní ústav, 2004, 28 s. ISBN 80-707-1236-8.
- [3] COLLOFF, Matthew. Dust mites. Collingwood, VIC: CSIRO Pub., c2009, xvi, 583 p. ISBN 978-064-3065-895.
- [4] BONNEFOY, Xavier Helge Kampen. Public health significance of urban pests. Copenhagen, Denmark: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2008. ISBN 978-928-9071-888.
- [5] VACKOVÁ, Ludmila. Astma a alergie. 1. vyd. Praha: EWA, 1997, 115 s. Jak na to (EWA). ISBN 80-857-6423-7.
- [6] Alergie - příznaky a projevy alergií. Www.vysavac.cz [online]. 2013 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.vysavac.cz/vysavac-cz/0/0/2/23>
- [7] WATANABE, M., M. SAKAGUCHI, S. INOUE, H. MIYAZAWA, M. MITSUSEKI, H. NITTA, R. OHTSUKA a H. YASUEDA. Removal of mite allergens from blankets: comparison of dry cleaning and hot water washing. J Allergy Clin Immunol. 1995, č. 8543736, s. 96. ISSN: 0091-6749.96, No. 6, 1995, pp. 1010–1012.
- [8] Alergie na prach a roztoče - doporučená opatření. Www.stopalergii.cz [online]. 2013 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.stopalergii.cz/alergie-na-prach-doporucena-opatreni.html>
- [9] Zdraví. Roztočová alergie [online]. Dostupné na internetu: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/roztocova-alergie-413553> [cit. 2014-01-04]
- [10] Zdravotnické noviny. [online]. Dostupné na internetu: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/alergie-na-roztocebytoveho-prachu-296184> [cit. 2014-01-04]
- [11] Bariérové tkaniny [on-line]. Dostupné na internetu: <http://www.nanospace.cz/world/cs/content/12-barierov%C3%A9-tkaniny> [cit. 2014-01-04]
- [12] Roztoči a alergie [on-line]. Dostupné na internetu: <http://www.stopalergii.cz/roztoci-alergie.html> [cit. 2014-01-04]

- [13] Bariérový protiroztočový povlak. Novalerga [online]. 2013 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.novalerga.cz/cs/barierove-povlaky/11-barierovy-protiroztocovy-povlak-.html>
- [14] HOLLÁ, Jarmila. Údržba textilního výrobku a jeho životnost. Liberec, 2011. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [15] MAHAKITTIKUN, BOITANO, KOMOLTRI, NINSANIT , WANGAPAI. Anti-Mite Covers: Potential Criteria For Materials Used Against Dust Mites. *Textile Research Journal* , 2009 [Online]. S. 9 [Cit. 2013-11-01]. DOI: 10.1177/0040517508093417. Dostupné Z: <Http://Trj.Sagepub.Com/Content/79/5/436>
- [16] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. Netkané textilie. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2003, 129 s. ISBN 80-708-3746-2.
- [17] KNÍŽEK, Roman. Membrány pro oděvní průmysl. Moodle [online]. 2012 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: https://moodle.fp.tul.cz/nano/pluginfile.php/689/course/section/288/Roman%20KN%C3%8D%C5%BDEK%20_%20membr%C3%A1ny%20pro%20outdoorov%C3%A9%20oblecení.pdf
- [18] TOVEY ER, CHAPMAN MD, WELLS CW, PLATTS-MILLS TAE. The distribution of dust mite allergen in the houses of patients with asthma. *Amer Rev Respir Dis* 1981;124:630-5.
- [19] PERONI, D.G., RESS, M., PIGOZZI, R., MIRAGLIA DEL GIUDICE, M., BODINI, A. ANDPIACENTINI, G.L. Efficacy in Allergen Control and Air Permeability of Different Materials used for Bed Encasement. *Allergy*, 2004 [Online]., S. 59 [Cit. 2013-11-01]. DOI: 10.1111/j.1398-9995 . Dostupné Z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15291905>
- [20] SIMPSON A, CUSTOVIC A, SIMPSON B, WOODCOCK A. Effect of mite antigen avoidance measures on levels of Can f 1 in homes without dogs. *J Allergy Clin Immunol* 2002;109:S43.
- [21] HES, Luboš a Petr SLUKA. Úvod do komfortu textilií. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2005, 109 s. ISBN 80-708-3926-0.
- [22] HAVRDOVÁ ,Marie.: Hodnocení prodyšnosti tkanin [on-line] [cit. 2014-01-04]. Dostupné na internetu: http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2033-302-01_01.pdf

- [23] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Statistické zpracování experimentálních dat. 3. vyd. Praha: Karolinum, 2012, 982 s. ISBN 9788024621968
- [24] SPATZIEROVÁ, Šárka. Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny. Liberec, 2011. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [25] PODRAZIL, Zdeněk. Digitalizace textilních porézních struktur za účelem počítačové simulace transportních jevů. Liberec, 2010. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [26] HRŮZA Jakub.: Automobilové filtry [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009.
- [27] NECKÁŘ, Bohuslav. Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů. Vyd. 2. V Liberci: Technická univerzita, Textilní fakulta, 2001, 243 s. ISBN 80-708-3473-0.
- [28] HRŮZA, Jakub. Měření velikosti průměrného a maximálního póru bublinkovou metodou. Liberec, 2013.
- [29] BÍLEK, Petr.: Experimentální výzkum filtračních procesů s využitím nanovláken, TUL, 2011. [online] [cit. 2014-01-04] Dostupné na:
http://www.nti.tul.cz/cz/images/4/4c/Seminar_prezentace_podzim_2011.pdf.
- [30] HRŮZA, Jakub.: Zlepšování filtračních vlastností vláknenných materiálů, Liberec, 2006. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [31] KOŠŤÁKOVÁ, Eva.: Úvod do elektrostatického zvlákňování, prezentace, [online] [cit. 2014-01-04] Dostupné na:
http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nanotex/5.%20prednaska%20TNA_kombinovane%20studium%20LS%20šk.rok%202009-10_Eva%20Kostakova,%20KNT,%20FT,%20TUL.pdf.
- [32] HRŮZA, Jakub. Nanovláknenné filtry a jejich použití v sanačních technologiích. Artec [online]. 2012 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://artec.tul.cz/?content=upload/ARTEC-kapitola6-sidlof-hruza.pdf&lang=cs>
- [33] Nanovia AntiAllergy: Nanovia AntiAllergy textilie – bariéra proti alergenům. Nanovia [online]. 2011 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.nanovia.cz/produkty/nanovia-antiallergy/>
- [34] Antialergické povlečení. Bed-experts [online]. 2012 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.bed-experts.cz/povlezeni/antialergicke/pro/deky-140-200-cm.html>

- [35] Evolon ® Mikrofilamenta: nová generace z mikrovlákn. *Freudenberg-nonwovens* [online]. 2013 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.freudenberg-nw.com/en/Company/Brands/Pages/Evolon-Microfilament-Microfiber.aspx>
- [36] Stopalergii. Protiroztočové bariérové povlaky Pristine [online]. 2010 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: Protiroztočové bariérové povlaky Pristine.
- [37] Protec'Som. *Anti-dust mite covers* [online]. 2011 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.protecsom.co.uk/Evolon.htm>
- [38] HRŮZA Jakub, Filtrace a filtrační materiály [online]. 2010 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nove/dokumenty/studmaterialy/filtr.pdf>>.
- [39] Nabídka komerčního testování filtračních vlastností [online]. 2013 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: https://int.cxi.tul.cz/sites/int.cxi.tul.cz/files/page_files/filtracni_mereni_2013.pdf
- [40] CHRÁSKA, Miroslav. Základy výzkumu. 2. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998, 257 s. ISBN 80-706-7798-8.
- [41] ČIHÁK, Michal. Statistické charakteristiky variability [online]. 2012 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/cihakmi1/>
- [42] ČSN EN ISO 2411 (80 0830). Textilie povrstvené pryží nebo plasty - Zjišťování přilnavosti povrstvení. Šumperk: Český normalizační institut, 2001.
- [43] Scope of Test and Assessment Criteria for the Issue of the TÜV NORD Test Mark INDOOR AIR HYGIENE TEST – SUITABLE FOR ALLERGIC PEOPLE – for Mattress, Pillow and Duvet Encasements. 2012.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK:

Obr. 1: Roztoči domácího prachu [6]	16
Obr. 2 Příklad uzavření polštáře do speciálního povlaku [13]	19
Obr. 3: Definice póru z filtračního hlediska [26]	30
Obr. 4: Definice průtočného póru [28]	32
Obr. 5: Proces filtrace [26]	33
Obr. 6: Schéma elektrostatického zvlákňování [31].....	35
Obr. 7: NW 40 Líc [vlastní zdroj]	39
Obr. 8: NW 40 Rub [vlastní zdroj]	39
Obr. 9: NW 70 Líc [vlastní zdroj]	40
Obr. 10: NW 70 Rub [vlastní zdroj]	40
Obr. 11: W Micro Líc [vlastní zdroj]	40
Obr. 12: W Micro Rub [vlastní zdroj]	40
Obr. 13: Evolon 100 Líc [vlastní zdroj]	41
Obr. 14: Evolon 100 Rub[vlastní zdroj]	41
Obr. 15: Pristine Líc [vlastní zdroj].....	42
Obr. 16: Pristine Rub [vlastní zdroj]	42
Obr. 17: ProtecSom Líc [vlastní zdroj]	43
Obr. 18: ProtecSom Rub[vlastní zdroj]	43
Obr. 19: Průměrné hodnoty prodyšnosti při různých tlakových spádech.....	44
Obr. 20: Přístroj MFP 1000 HEPA [38].....	47
Obr. 21: Účinnost záchytu prachových částic	49
Obr. 22: Bench Mounting Rig type 1100 P [39]	50
Obr. 23: Vztah efektivity záchytu pomocí aerosolu DEHS a aerosolu NaCl.....	52
Obr. 24: Macropulos 55 [vlastní zdroj]	53

Obr. 25: Ukázka stanovení tlakového spádu pro výpočet velikosti póru [28]	54
Obr. 26: Vztah velikosti průměrného póru a prodyšnosti při tlaku 200 Pa	56
Obr. 27: Vztah velikosti maximálního póru a prodyšnosti při tlaku 200 Pa	56
Obr. 28: Vztah efektivity zachytu a velikosti maximálního póru.....	57
Obr. 29: Vztah efektivity zachytu a prodyšnosti při tlaku 200 Pa.....	57
Obr. 30: Změna prodyšnosti textilií po údržbě.....	58
Obr. 31: Změna paropropustnosti textilií po údržbě.....	58
Obr. 32: Změna velikosti maximálního póru po údržbě.....	60
Obr. 33: Změna velikosti průměrného póru po údržbě	60
Obr. 34: Schéma rozmístění bodů na zjištění prodyšnosti textilie v ploše [vlastní zdroj] ..	62
Obr. 35: Hodnocení prodyšnosti v ploše u materiálu NW 40	63
Obr. 36: Hodnocení prodyšnosti v ploše u materiálu W Micro.....	64
Obr. 37: Hodnocení prodyšnosti v ploše u materiálu NW 70	65
Obr. 38: Příprava vzorků před upnutím do čelistí.	66
 Tabulka 1: Výsledky testování pro průnik tepla a propustnost alergenů [15].....	22
Tabulka 2: Výsledky testování pro průnik prachu a prodyšnost textilií [15]	23
Tabulka 3: Mřížková struktura pro dvoufaktorovou analýzu rozptylu [zdroj vlastní]	27
Tabulka 4: Prodyšnost textilií při referenčním tlaku	44
Tabulka 5: Paropropustnost textilií	46
Tabulka 6: Výparný odpor textilií	46
Tabulka 7: Parametry měření [38].....	47
Tabulka 8: Účinnost zachytu prachových částic	48
Tabulka 9: Parametry měření [39].....	50
Tabulka 10: Naměřené hodnoty efektivity filtrace a tlakového spádu	51

Tabulka 11: Souhrnné vyhodnocení vzorků dle metodiky TÜV Nord:	52
Tabulka 12: Parametry přístroje Makropulos 55 [39]	54
Tabulka 13: Maximální velikost póru:	55
Tabulka 14: Průměrná velikost pórů:	55
Tabulka 15: Změny efektivity zachytu po praní.....	59
Tabulka 16: Delaminace nanovlákněné vrstvy po namočení a vysušení.	61
Tabulka 17: Základních statistické výpočty prodyšnosti v ploše pro jednotlivé materiály.	62
Tabulka 18: Analýza rozptylu u vybraných materiálů.	63
Tabulka 19: Prodyšnost a velikost maximálního póru.	64
Tabulka 20: Přílnavost povrstvení textilií	66

PŘÍLOHY

Příloha 1

„Indoor Air Hygiene Test – Suitable For Allergic People“

Cílem těchto testů je zjištění účinnosti materiálů používaných na speciální povlaky proti roztočům.

Seznam všech testů a zkoušek uvedených v normě [43]:

- Směrnice VDI 2066" gravimetrické stanovení prašnosti "
- DIN 53122 „Stanovení propustnosti pro vodní páru"
- DIN EN 149 Ochranné prostředky dýchacích orgánů - Filtrační polomasky k ochraně proti částicím - Požadavky, zkoušení, značení, německá verze EN 149:2001 + A1: 2009 (Zahraniční Standard)
- DIN EN 481 EN-pracoviště atmosféry; definice velikosti frakce pro měření poletavého prachu, německé verze EN 481:1993
- DIN EN 779: "filtry částic vzduchu pro všeobecné větrání"
- DIN EN 1957: "Domácí nábytek - postele a matrace; zkušební metody pro stanovení funkčních charakteristik"
- DIN EN 1822: "Vysoce účinné filtry částic vzduchu (EPA, HEPA a ULPA)"
- DIN EN 12132: "prachové peří - Metody zkoušení peří, odolné vlastnosti tkaniny "
- DIN EN 31092: "Textil - Fyziologické účinky, měření tepelné a vody difuzní odpor za ustálených podmínek "
- DIN ISO 7708: "Kvalita ovzduší - Definice velikostních podílů částic pro zdraví související s odběrem vzorků"
- ČSN EN ISO 5167: "Měření průtoku tekutin pomocí zařízení na principu rozdílu tlaků vložena do kruhovitěho průřezu potrubním systémem "
- ČSN EN ISO 9237: "Textilie - Stanovení propustnosti textilií pro vzduch"
- TRGS 402: "Stanovení a vyhodnocení koncentrace polétavých nebezpečných látek v pracovních prostorech "

V rámci Technické univerzity byly z výše uvedených zkoušek provedeny následující:

1. Test propustnosti vzduchu, propustnost pro vodní páry a vodní páry odpor ("SKIN model")

1.1. Stanovení propustnosti vzduchu podle ČSN EN ISO 9237 – s následujícími tlakovými spády:

- 50 Pa
- 100 Pa
- 150 Pa
- 200 Pa (referenční hodnota)
- 250 Pa
- 1000 Pa

Počet měření: minimálně 3 v jednotlivých tlacích.

1.2. Ochranné prostředky dýchacích orgánů - Filtrační polomasky k ochraně proti částicím dle normy EN 149.

Minimální počet měření: 2

1.3. Stanovení výparného odporu dle normy DIN EN 31092

Minimální počet měření: 3

2. Pronikání prachových částic

2.1 Zkoušky před vniknutím prachu, částic s monodisperzí. Tato měření se provádí na zkušebním zařízení podle DIN EN 1822 pomocí 3 kruhových vzorků. Podmínky:

- Testovací prach: diethylhexyl sebacate (DEHS)
- Koncentrace prachu: 20,000 - 25,000 částic na cm^3
- Průtok vzduchu: $10^4 \text{ cm}^3 / (\text{dm}^3 / \text{min})$ nebo max. diferenční tlak: 200 Pa

Minimální počet měření: 3

Příloha 2

Klinické testy materiálů

Klinické studie a atesty: Nanovia AntiAlergy

Ochranné povlaky jsou schváleny dle §2 zákona 123/2000 Sb. jako zdravotnický prostředek třídy I, určený pro použití za účelem prevence, léčby a mírnění choroby, v tomto případě prevence a zmírnění alergie na prachové roztoče.

Výrobky splňují požadavky nařízení vlády č.336/2004 Sb.: Technické požadavky na zdravotnické prostředky.

Textilní zkušební ústav v Brně otestoval účinnost záchytu mikroorganismů a částic o velikosti alergenů materiálu Nanovia AntiAllergy.

Státní zdravotní ústav v Praze ověřil kožní snášenlivost a nedráždivost materiálu. Pomocí vlastního firemního systému kontroly kvality. Nanovia s.r.o. průběžně kontroluje účinnost materiálu na záchyt prachových částic. [33,34]

Klinické studie a atesty: Evolon

Hohenstein Intitute v Německu otestoval senzorický komfort textilie.

ÖKO-TEX udělilo značku Standart 100 třída 1, která potvrzuje, že se jedná o zdravotně nezávadnou textilií vhodnou i pro děti do tří let.

DMT – Deutsche Montan Technologie GmbH v Německu otestoval Evolon, který splňuje kritéria TÜV NORD „vhodnost pro alergiky“.

IBT Reference Laboratory v USA otestoval, že Evolon svou filtrační schopností zachycuje alergeny z roztočů.

ECARF - Evropské centrum pro výzkum alergií

Evolon je vhodný pro použití na anti roztočové povlaky. ECARF udělil tomuto materiálu pečeť kvality. [35]

Klinické studie a atesty: Protiroztočové povlaky Pristine

Státní zdravotní ústav ČR: Atest SZÚ ČR č. 174310, Ex100869 potvrzuje, že tkanina Pristine je vhodná k používání na potahy polštářů, příkrývek a matrací v prostředí osob alergických na roztočové alergeny.

Další testování probíhalo na lékařských fakultách i nezávislých odborných pracovištích. Ze závěrů testů se potvrdilo, že Pristine tvoří účinnou bariéru pro prach, roztoče bytového prachu a jejich alergenů, které způsobují alergické symptomy u pacientů trpících na alergie, astma, záněty nosní sliznice a tím spojené dýchací potíže. [36]

Klinické studie a atesty: Bariérové povlaky ProtecSom

2007: Atest zdravotního ústavu: Atest č.CZŽP 13-1041/07-192 o chemickém vyšetření a zkoušce stanovení kožní snášenlivosti

2007: Certifikát o nezávadnosti potahů ProtecSom Texaal vydaný SGS.

2006: Výroba povlaků ProtecSom odpovídá evropské směrnici 93/42/EHS o zdravotních prostředcích (JOCE L 169 z 12/07/93) Zdravotnické prostředky třídy 1 nesterilní.

2004: Nezávislá laboratoř PMI (Ithaca, NY, USA) prokázala, že potahy ProtecSom ze 100% bavlny filtrují všechny částice roztočových alergenů.

2004: IBT provedlo testy potahů, při kterých byly tyto potahy vystaveny 100 cyklům praní a sušení. Tyto testy prokázaly naprostou neprůchodnost pro roztočové alergenů.

2004: Potahy ProtecSom získaly certifikát TÜV NORD specializovaného na „vhodnost pro alergiky“

2003: Získaly protiroztočové potahy ProtecSom® od IFTH značku OekoTex 100, která zaručuje u textilií, které se dostávají do styku s pokožkou, zdravotní nezávadnost.

2002: ProtecSom® filtruje 100 % částic o velikosti od 1 µm, tedy i ty nejmenší částice roztočových alergenů. To je výsledek výzkumů, který byl prostudován a potvrzen především profesorem EWEREM z německého Hygiene Institut v Gelsenkirchenu. [37]

Příloha 3

Prodyšnost textilií (l/dm ² .min) při hodnotách tlaku 50 a 100 Pa (před praním)												
Měření	NW 70		W Micro		NW 40		Protecsom		Evolon		Pristine	
	50 Pa	100 Pa	50 Pa	100 Pa	50 Pa	100 Pa	50 Pa	100 Pa	50 Pa	100 Pa	50 Pa	100 Pa
1.	3,5	4,1	0,8	0,6	7,3	9,6	9,2	18,1	22,9	60,0	1,3	2,3
2.	3,5	3,9	1,1	1,5	11,4	8,5	9,0	19,1	23,6	59,6	1,3	2,4
3.	3,7	3,8	0,9	1,6	8,0	11,7	8,8	18,4	23,9	57,8	1,3	2,3
4.	3,7	3,4	0,9	1,5	13,6	12,5	9,4	18,3	22,9	49,2	1,2	2,4
5.	3,4	3,2	0,7	1,9	13,9	16,6	9,2	17,9	23,7	49,0	1,3	2,4
6.	3,6	4,3	0,5	2,4	12,2	18,2	9,5	18,2	23,6	45,2	1,3	2,3
7.	3,5	3,1	0,5	1,7	8,7	13,7	9,4	18,2	23,1	44,8	1,3	2,5
8.	3,4	3,4	0,6	1,2	4,1	8,2	9,6	17,8	25,1	41,5	1,3	2,4
9.	2,7	3,2	0,7	1,4	12,8	7,4	9,5	17,9	29,7	49,3	1,2	2,4
10.	3,2	3,0	0,6	0,9	11,8	8,0	9,1	17,8	28,0	49,8	1,2	2,5
\bar{x}	3,4	6,8	0,7	1,5	10,4	11,4	9,3	18,2	24,6	50,6	1,3	2,4
s^2	0,1	0,4	0,1	0,4	17,1	23,8	0,1	0,3	9,0	69,3	0,003	0,01
s	0,3	0,5	0,2	0,5	3,2	3,8	0,3	0,4	2,3	6,4	0,4	0,1
v [%]	4,9	4,2	15,5	20,3	18,5	19,8	1,6	1,3	5,7	7,6	2,0	1,6
95% IS	(3,2-3,6)	(6,5-7,1)	(0,6-0,9)	(1,2-1,8)	(8,4-12,4)	(9,1-13,8)	(9,1-9,4)	(17,9-18,4)	(23,2-26,1)	(46,6-54,6)	(1,25-1,31)	(2,35-2,43)
Prodyšnost (l/dm ² .min) při hodnotách tlaku 150 a 200 Pa (před praním)												
Měření	NW 70		W Micro		NW 40		Protecsom		Evolon		Pristine	
	150 Pa	200 Pa	150 Pa	200 Pa	150 Pa	200 Pa	150 Pa	200 Pa	150 Pa	200 Pa	150 Pa	200 Pa
1.	10,6	14,0	1,7	3,6	25,4	34,5	27,2	38,3	67,8	85,8	3,5	4,6
2.	10,5	14,0	1,8	2,4	42,5	38,5	26,2	38,4	58,4	82,8	3,6	4,6
3.	10,7	14,3	1,7	2,3	31,3	32,4	27,6	36,4	72,6	104	3,6	4,5
4.	11,4	14,9	1,7	2,1	31,9	35,2	27,5	38,9	69,0	89,4	3,6	4,5
5.	10,7	13,5	1,9	2,4	34,4	48,8	26,9	35,5	67,8	94,8	3,6	4,6
6.	10,6	13,9	1,3	2,3	33,7	29,9	27,3	36,9	59,7	93,1	3,5	4,6
7.	10,8	14,0	4,6	4,9	33,5	41,1	27,4	38,0	60,6	91,2	3,5	4,9
8.	10,3	13,8	3,8	3,7	21,5	24,7	26,2	36,9	63,0	76,8	3,5	4,8
9.	10,3	10,8	2,1	3,0	45,4	48,3	25,7	37,0	67,8	101	3,5	4,7
10.	9,6	12,8	1,9	2,7	34,1	35,0	28,4	37,1	57,5	81,0	3,4	4,6
\bar{x}	10,5	13,6	2,3	2,9	33,4	36,8	27,0	37,3	64,4	90,0	3,5	4,6
s^2	0,4	2,1	1,2	1,9	81,7	602	1,1	1,9	45,2	126	0,01	0,01
s	0,5	1,1	0,9	1,1	7,0	19,0	0,8	1,1	5,2	8,7	0,1	0,1
v [%]	2,6	5,0	23,0	21,7	12,6	30,9	1,8	1,7	4,8	5,8	0,9	1,7
95% IS	(10,3-10,8)	(12,9-14,3)	(1,7-2,8)	(2,3-3,6)	(29-37,7)	(25,1-48,6)	(26,5-27,5)	(36,7-38)	(61,2-67,6)	(84,6-95,4)	(3,5-3,6)	(4,6-4,7)

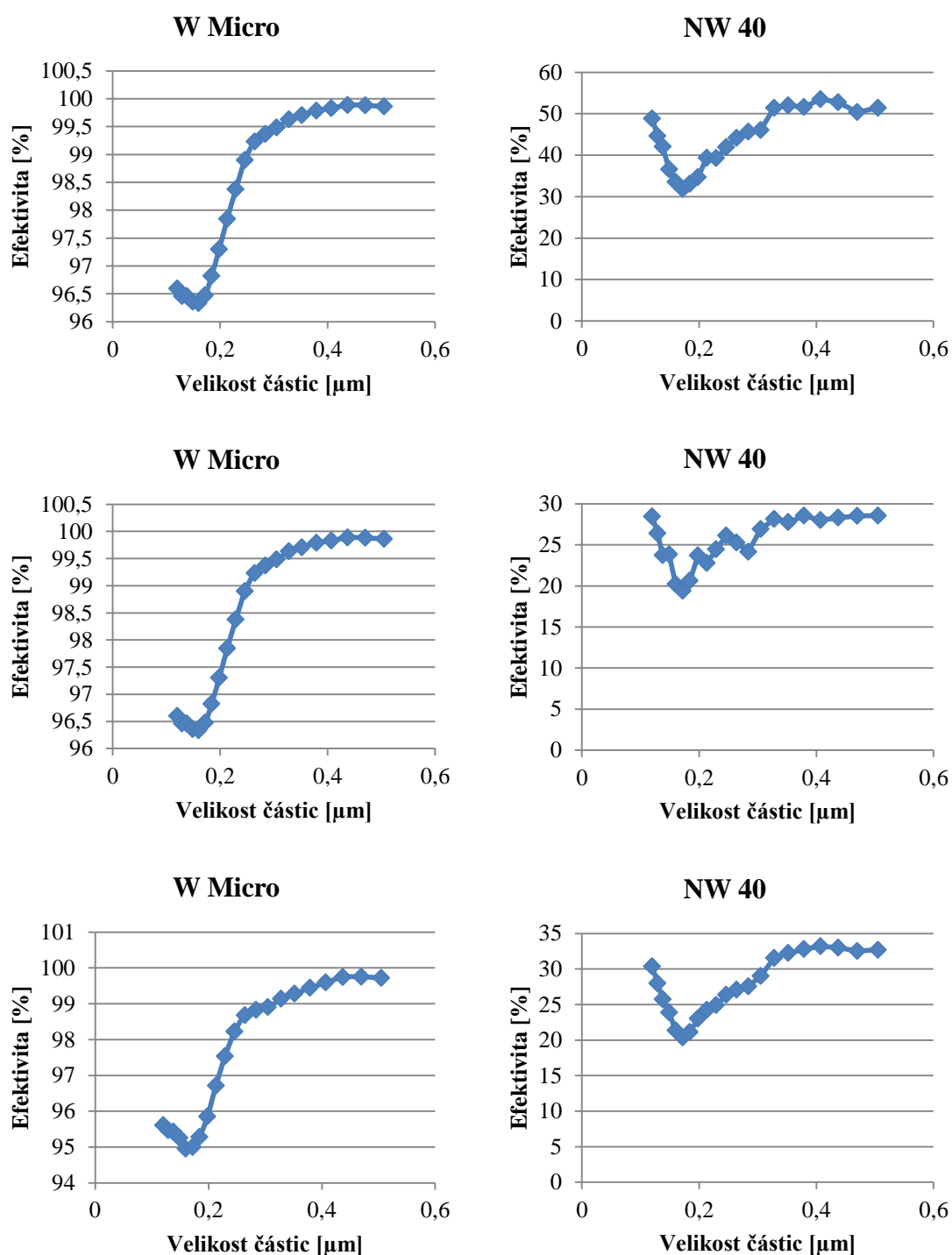
Prodyšnost (l/dm ² .min) při hodnotách tlaku 250 a 1000 Pa (před praním)												
Měření	NW 70		W Micro		NW 40		Protecsom		Evolon		Pristine	
	250 Pa	1000 Pa	250 Pa	1000 Pa	250 Pa	1000 Pa	250 Pa	1000 Pa	250 Pa	1000 Pa	250 Pa	1000 Pa
1.	17,1	67,8	3,9	8,5	33,8	78,6	44,9	181,2	103	377	6,1	22,0
2.	17,2	67,8	5,9	10,9	32,0	39,6	43,7	175,2	143	435	6,0	22,9
3.	17,5	69,0	4,1	8,3	22,3	80,4	46,1	177,6	140	552	6,0	23,0
4.	18,4	73,2	2,7	8,8	65,8	107	44,9	178,2	113	466	6,0	22,1
5.	16,6	66,6	2,4	10,1	64,8	48,4	45,1	178,8	124	449	5,9	22,4
6.	16,9	67,8	5,1	6,5	25,7	70,2	43,9	181,2	109	462	5,8	23,2
7.	17,3	69,0	4,1	6,0	18,8	85,8	44,8	179,4	130	588	6,0	22,6
8.	17,0	67,8	4,6	10,5	20,4	107	44,7	178,2	142	452	5,9	23,8
9.	13,1	57,9	3,5	8,5	50,4	119	46,1	184,2	105	438	5,6	23,0
10.	15,3	51,5	2,6	5,2	60,2	115	46,8	181,8	107	418	5,7	22,7
\bar{x}	16,6	65,8	3,9	8,3	39,4	85,1	45,1	179,5	121	464	5,9	22,8
s^2	3,6	66,2	2,1	6,1	96,4	1243	1,6	10,9	431	6410	0,04	0,5
s	1,5	6,3	1,1	1,9	7,6	27,3	1,0	2,6	16,1	62,0	0,2	0,5
v [%]	5,3	5,7	17,3	13,8	33,8	78,6	1,3	0,9	7,9	8,0	1,6	1,4
95% IS	(15,7-17,5)	(61,9-69,7)	(2,3-3,6)	(7,1-9,5)	(34,7-44,1)	(68,2-102)	(44,5-45,7)	(178-181)	(111,4-131,3)	(425-502)	(5,8-6)	(22,4-23,1)

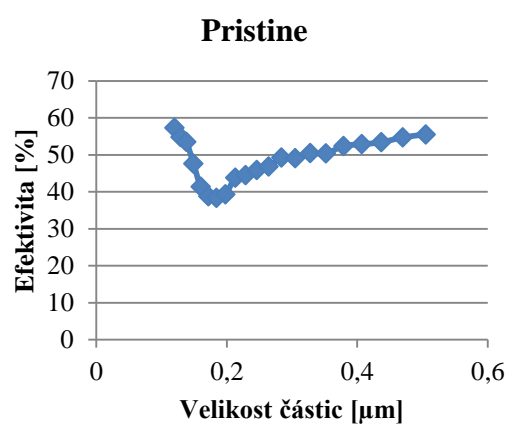
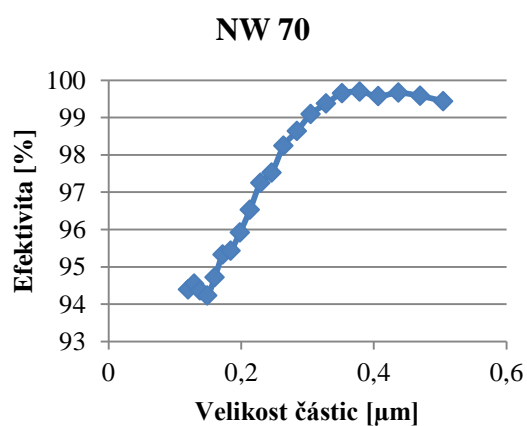
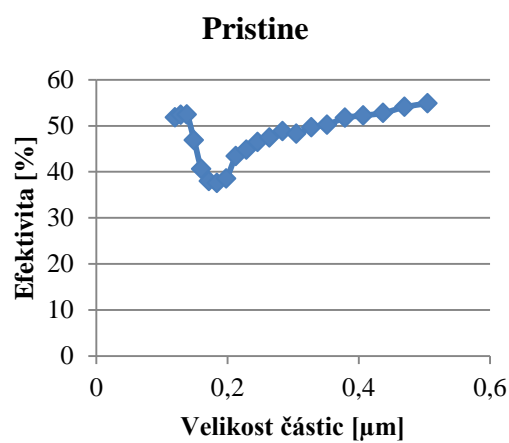
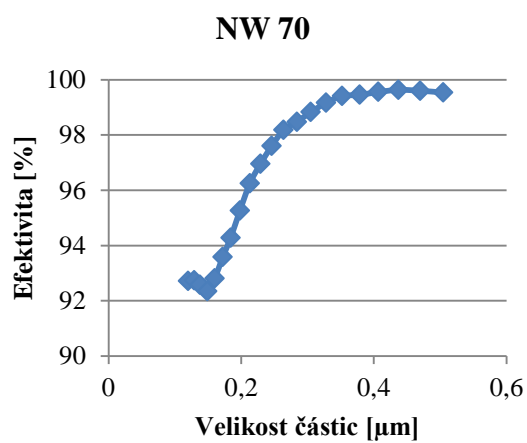
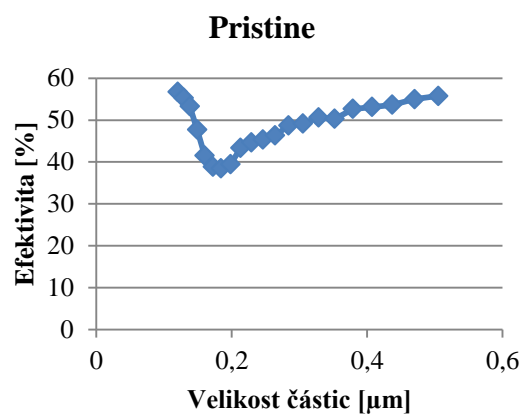
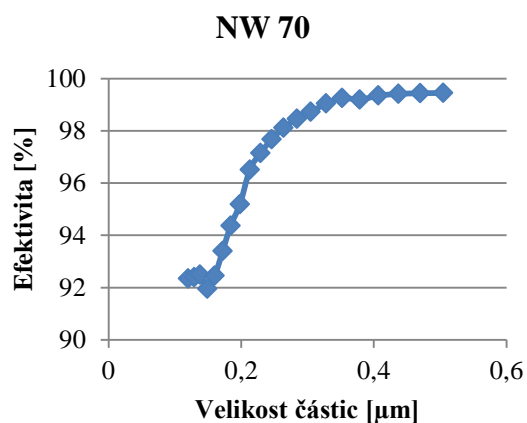
Příloha 4

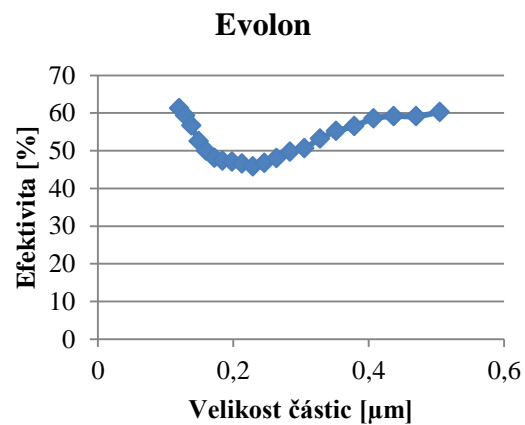
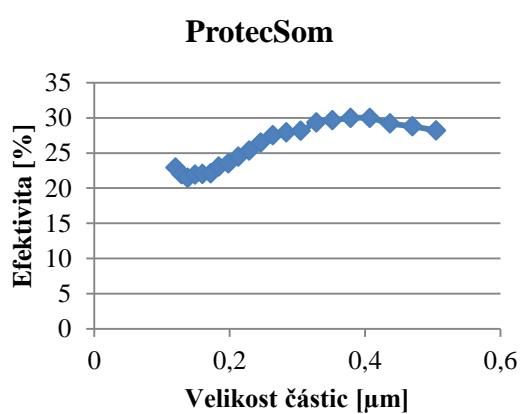
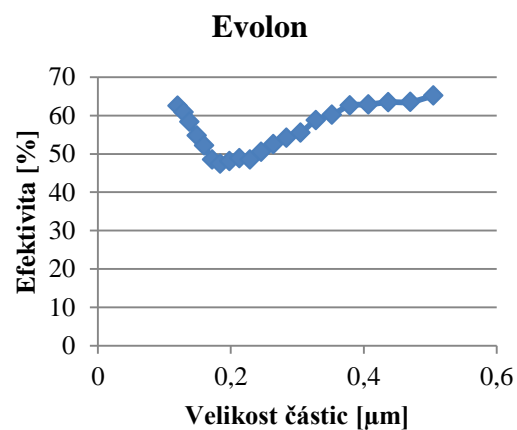
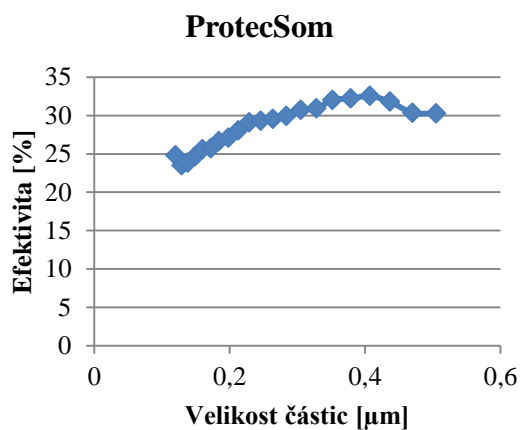
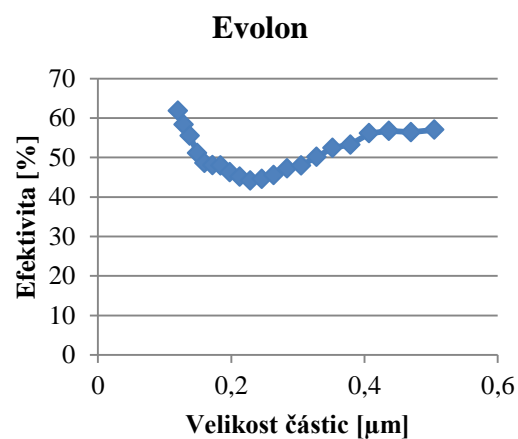
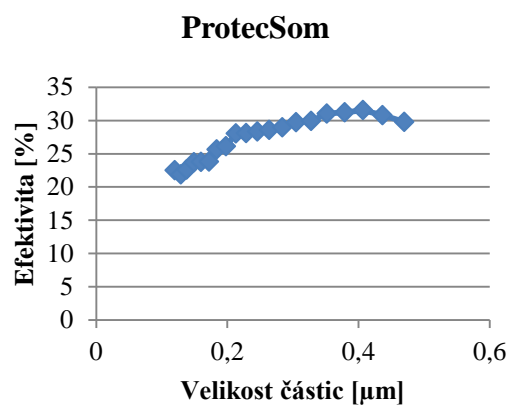
Paropropustnost textilií [%] (hodnoty před praním)						
Měření	NW 70	W Micro	NW 40	Protecsom	Evolon	Pristine
1.	80,0	35,5	85,7	73,4	81,8	71,4
2.	77,6	30,0	76,0	74,4	81,2	70,4
3.	78,3	45,5	87,3	76,2	81,2	68,7
4.	79,7	37,9	60,2	73,3	81,5	69,1
5.	79,0	36,1	87,6	74	80,6	69,2
6.	67,8	44,2	72,0	74,2	80,7	69
7.	68,6	24,4	89,6	73,9	79,3	69,3
8.	80,1	25,7	86,5	74,1	79,7	70,2
9.	69,0	33,3	71,9	76,1	79,6	68,1
10.	77,5	43,6	61,3	73,5	78,4	70,7
\bar{x}	75,8	35,6	77,8	74,3	80,4	69,6
s^2	26,2	55,7	124,1	1,1	1,2	1,0
s	5,1	7,5	11,1	1,0	1,1	1,0
v [%]	6,8	21,0	14,3	1,4	1,4	1,5
95% IS	(72,6-78,9)	(31,0-40,2)	(70,9-84,7)	(73,7-75,0)	(79,7-81,1)	(69,0-70,2)
Výparný odpor textilií [Pa.m ² .W ⁻¹] (hodnoty před praním)						
Měření	NW 70	W Micro	NW 40	Protecsom	Evolon	Pristine
1.	1,4	11,6	0,7	2,7	1,1	1,9
2.	1,6	14,6	1,9	2,6	1,1	2,0
3.	1,5	7,5	0,9	2,4	1,1	2,1
4.	1,4	7,9	4,5	2,7	1,1	2,2
5.	1,5	10,7	0,9	2,7	1,2	2,2
6.	2,4	8,7	1,6	2,6	1,2	2,2
7.	2,2	21,2	0,8	2,7	1,3	2,2
8.	1,4	19,8	1,0	2,6	1,3	2,0
9.	2,1	10,3	1,6	2,4	1,3	2,3
10.	1,7	6,7	4,8	2,7	1,3	2,2
\bar{x}	1,7	11,9	1,9	2,6	1,2	2,1
s^2	0,1	25,9	2,3	0,0	0,0	0,0
s	0,4	5,1	1,5	0,1	0,1	0,1
v [%]	21,7	42,7	80,7	4,6	7,9	5,9
95% IS	(1,5-2,0)	(8,7-15,1)	(0,9-2,8)	(2,5-2,7)	(1,1-1,3)	(2,1-2,2)

Příloha 5

Grafy vztahů efektivity filtrace a velikosti částic







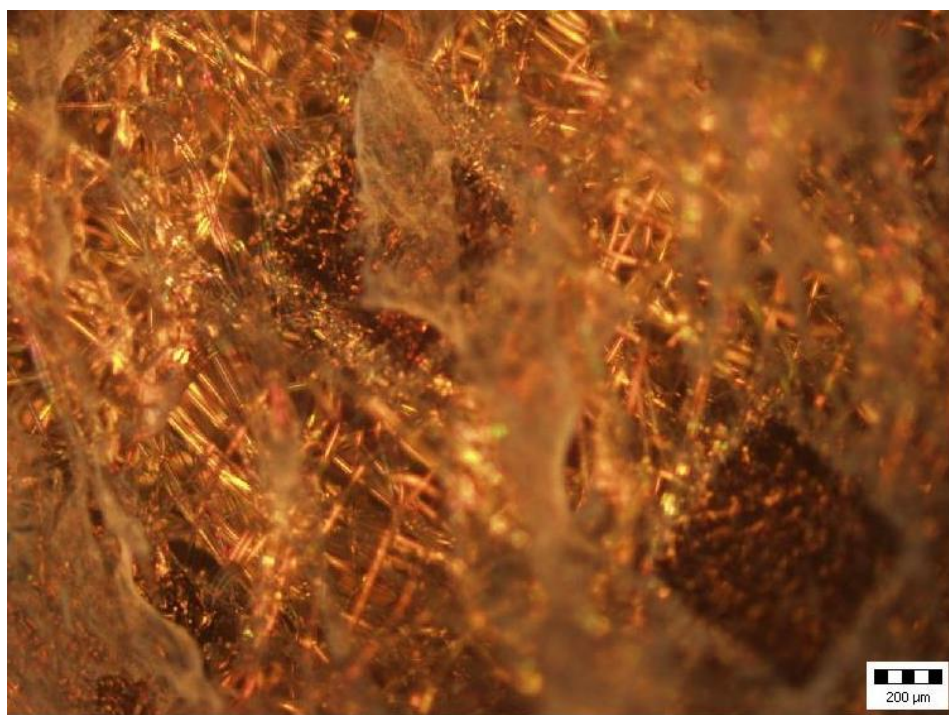
Příloha 6

Efektivita filtrace E [%] a tlakový spád Δp [Pa] (hodnoty před praním)												
Měření	NW 70		W Micro		NW 40		Protecsom		Evolon		Pristine	
	E	Δp	E	Δp	E	Δp	E	Δp	E	Δp	E	Δp
1.	97,5	2300	99,7	8870	26,4	213	39,2	121	54	54	58,3	930
2.	98,6	3150	99,6	8019	42,5	348	40,8	126	55,1	52	59,2	942
3.	97,9	2800	99,4	5250	32,6	304	38,6	124	56	51	60,2	948
4.	97,6	2600	99,6	3350	35,5	325	35	125	54,9	52	59,8	945
5.	98,2	3050	99,8	9040	30,2	298	38,6	123	54,1	53	58,7	938
\bar{x}	98,0	2780	99,6	6906	33,4	298	38,4	124	54,8	52	59,2	941
s^2	0,2	118250	0,004	6259373	36,8	2622	4,5	3,7	0,7	1,3	0,6	49
s	0,4	344	0,1	2501	6,1	51,1	2,1	1,9	0,8	1,1	0,8	7
v [%]	0,4	12,4	0,1	36,2	18,1	17,2	5,5	1,6	1,5	2,2	1,3	0,7
95% IS	(97,4-98)	(2353-2780)	(99,5-99,6)	(3799-6906)	(25,9-33,4)	(234-298)	(35,8-38,4)	(121-124)	(53,8-54,8)	(51,0-52,4)	(58,3-59,2)	(932-941)

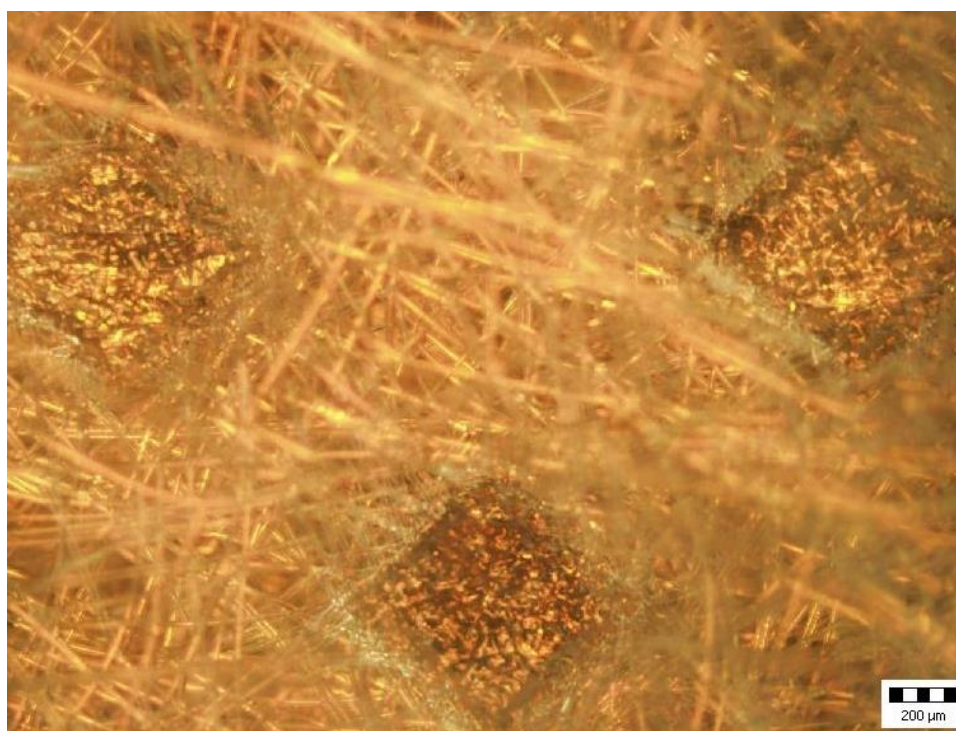
Příloha 7

Velikost maximálního a průměrného póru [μm] (hodnoty před praním)												
Měření	NW 70		W Micro		NW 40		Protecsom		Evolon		Pristine	
	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný
1.	31,2	2,9	3,9	1,2	46,5	14,6	69,0	15,6	64,5	30,3	18,2	6,1
2.	49,7	3,6	5,1	2,0	66,1	33,2	82,1	19,3	78,0	23,6	19,1	7,8
3.	32,7	4,1	5,7	2,4	103	22,6	60,1	25,8	70,5	28,9	16,0	4,9
4.	40,8	6,2	3,2	0,7	91,3	28,1	59,2	23,3	78,5	29,2	20,1	6,3
5.	39,2	4,0	3,8	1,0	74,3	18,2	60,2	19,8	85,2	26,9	15,7	7,1
\bar{x}	38,7	4,2	4,3	1,5	76,3	23,3	66,1	20,8	75,3	27,8	17,8	6,4
s^2	54,8	1,44	0,81	0,49	486	56,2	98	16	64	7,29	3,61	121
s	7,4	1,2	0,9	0,7	22,1	7,5	9,9	4	8	2,7	1,9	11
v [%]	19,1	29,2	19,8	48,3	28,9	32	15,1	19,1	10,6	9,5	10,6	17,1
95% IS	(32,2-46,1)	(3,1-5,4)	(3,6-5,2)	(0,6-2,3)	(48,9-103,7)	(14,1-32,6)	(57,3-76)	(17,3-24,8)	(68,3-83,3)	(25,5-30,5)	(16,2-19,7)	(5,4-7,5)

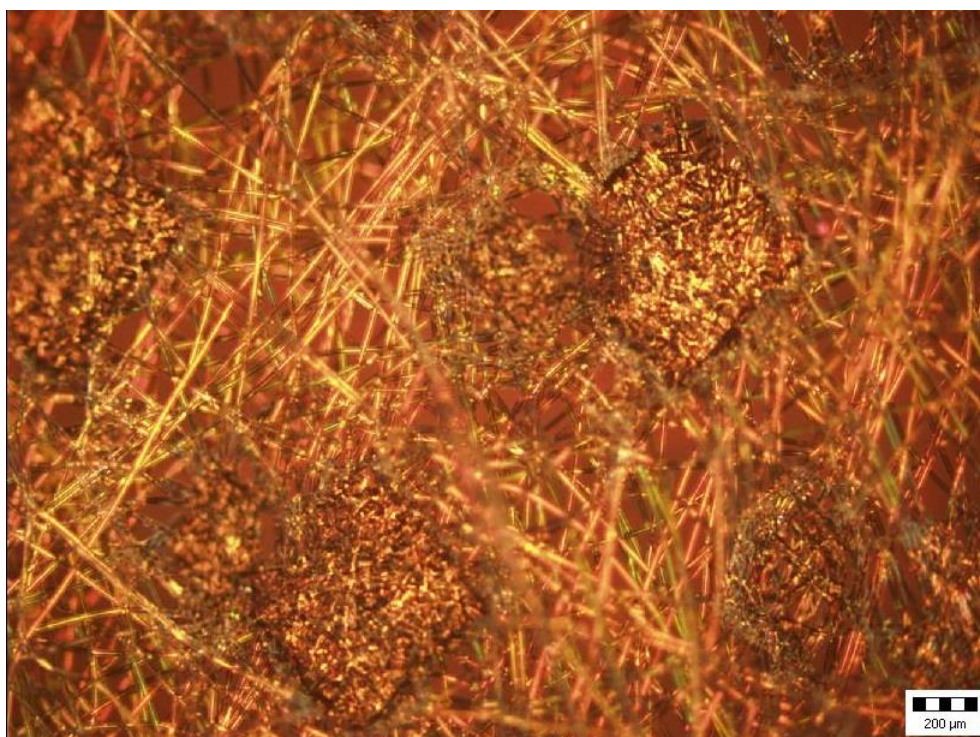
Příloha 8



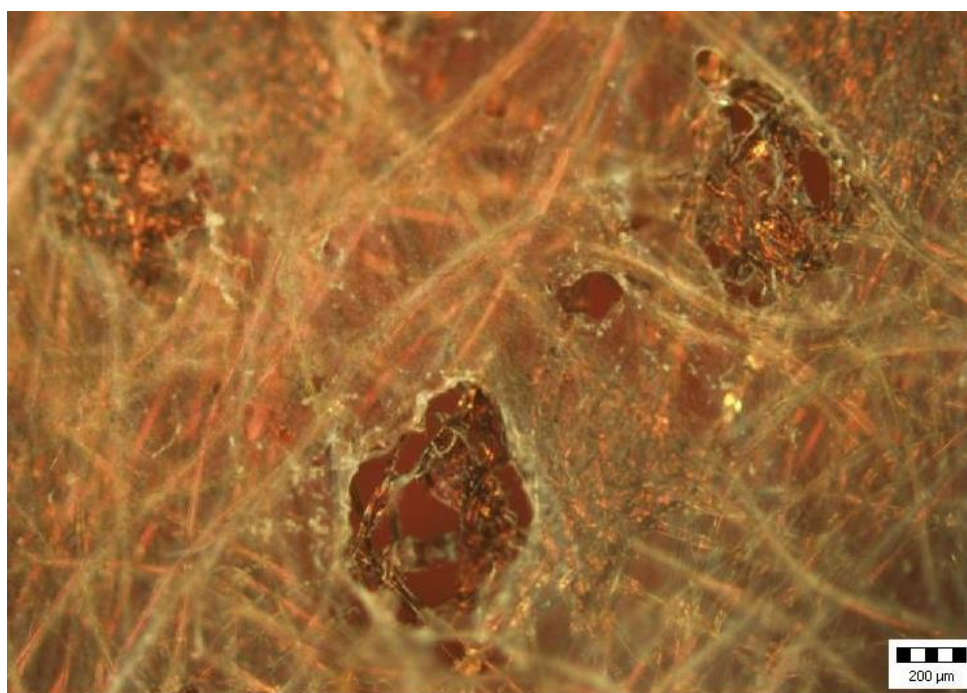
Obr. Materiál NW 70 rozlepení vrstev.



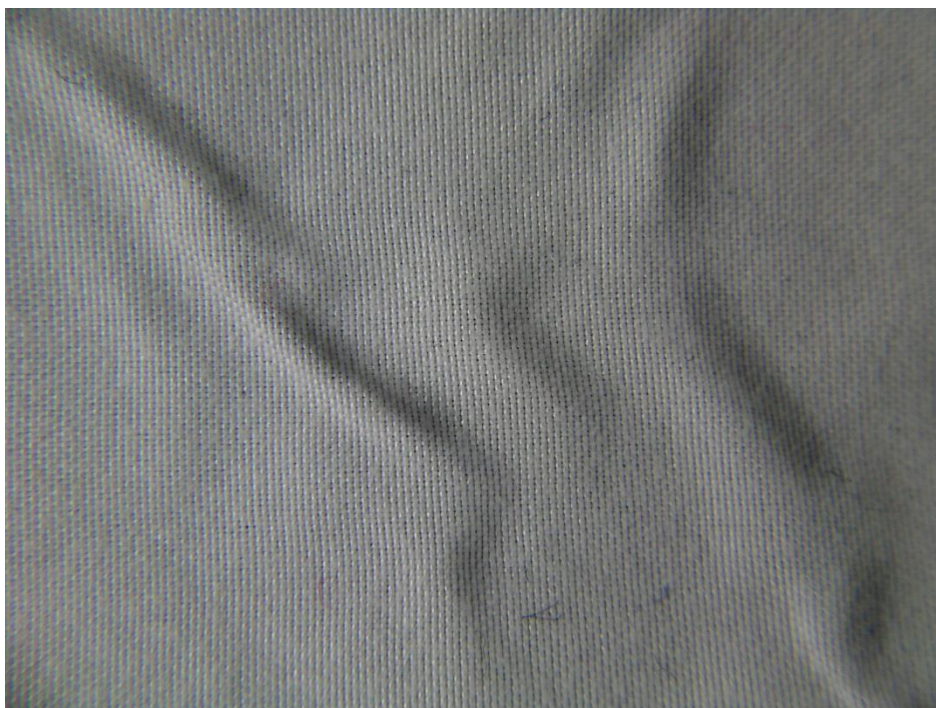
Obr. Materiál NW 70 Líc po vyprání



Obr. Materiál NW 40 Rubní strana po rozlepení vrstev a vznik otvorů ve vzorku.



Obr. Materiál NW 40 prostřední vrstva s nanovlákný.



Obr. W Micro Líc



Obr. W Micro Rub

Příloha 9

Paropropustnost textilií [%]						
	Hodnoty po 1 pracím cyklu			Hodnoty po 4 pracích cyklech		
Měření	Protecsom	Evolon	Pristine	Protecsom	Evolon	Pristine
1.	72,6	78,6	80,4	73,4	75,5	79,3
2.	72,8	79,9	80,5	71,4	74,8	80,3
3.	76,5	75,1	78,9	72,8	77,2	81,0
4.	73,0	78,2	80,8	73,3	76,4	80,8
5.	73,9	75,7	78,4	74,0	75,4	80,2
6.	72,7	79,8	80,3	73,5	75,3	80,1
7.	72,8	78,5	80,7	71,4	76,3	80,7
8.	76,4	79,8	78,7	74,8	77,3	79,3
9.	72,7	78,4	78,5	72,7	75,6	81,0
10.	72,6	78,2	80,0	72,8	77,1	80,2
\bar{x}	73,6	78,2	79,7	73,0	76,1	80,3
s^2	2,4	2,7	1,0	1,1	0,8	0,4
s	1,5	1,6	1,0	1,1	0,9	0,6
v [%]	2,1	2,1	1,2	1,4	1,2	0,8
95% IS	(72,6-74,6)	(77,2-79,2)	(79,1-80,3)	(72,4-73,7)	(75,5-76,6)	(79,9-80,7)
Výparný odpor textilií [Pa.m ² .W ⁻¹]						
	Hodnoty po 1 pracím cyklu			Hodnoty po 4 pracích cyklech		
Měření	Protecsom	Evolon	Pristine	Protecsom	Evolon	Pristine
1.	2,8	2,0	1,9	2,7	2,4	1,9
2.	2,8	1,8	1,8	1,9	2,5	1,8
3.	2,3	2,4	2,0	2,8	2,2	1,8
4.	2,7	2,0	1,8	2,7	2,3	1,8
5.	2,6	2,3	2,1	2,7	2,4	1,8
6.	2,5	1,8	1,9	2,7	2,4	1,8
7.	2,4	2,0	1,8	1,9	2,3	1,8
8.	2,3	1,8	2,1	2,5	2,2	1,9
9.	2,8	2,0	2,1	2,8	2,4	1,8
10.	2,8	2,0	1,9	2,8	2,2	1,8
\bar{x}	2,6	2,0	1,9	2,6	2,3	1,8
s^2	0,0	0,04	0,02	0,1	0,0	0,002
s	0,2	0,2	0,1	0,4	0,1	0,04
v [%]	8,1	10,1	6,5	13,9	4,5	2,32
95% IS	(2,5-2,7)	(1,9-2,1)	(1,9-2)	(2,3-2,8)	(2,3-2,4)	(1,79-1,85)

Efektivita filtrace E [%] a tlakový spád Δp [Pa]												
Měření	Hodnoty po 1 pracovním cyklu						Hodnoty po 4 pracovních cyklech					
	Protecsom		Evolon		Pristine		Protecsom		Evolon		Pristine	
	E	Δp	E	Δp	E	Δp	E	Δp	E	Δp	E	Δp
1.	53	211	64,6	58	49,7	466	59	248	72,3	75	54	414
2.	50,5	216	70	69	52	484	55	234	74	79	50	396
3.	50,2	224	66,7	66	51	484	54,8	247	70,8	69	49,4	391
4.	50,4	220	68	68	51	485	55,5	238	71	72	51	402
5.	51,9	224	65,5	62	50	474	56,8	242	72,8	77	51,4	408
\bar{x}	51,2	219	67	65	50,1	479	56,2	242	72,2	74,4	51,1	402
s^2	1,5	31	4,5	20,8	0,8	70	2,9	35,2	1,8	15,8	3	77,3
s	1,2	5,6	2,1	4,6	0,9	8,4	1,7	5,9	1,3	4	1,7	8,8
v [%]	2,4	2,5	3,2	7,1	1,8	1,7	3,1	2,5	1,9	5,3	3,4	2,2
95% IS	(49,7-52,7)	(212-226)	(64,3-69,6)	(58,9-70,3)	(49,7-51,9)	(468-489)	(54,1-58,4)	(234-249)	(70,6-73,9)	(69,5-79,3)	(49-53,3)	(391-413)

Prodyšnost ($l/dm^2 \cdot min$) při hodnotách tlaku 50,100,150 Pa (1 pracovní cyklus)									
Měření	Protecsom			Evolon			Pristine		
	50Pa	100 Pa	150Pa	50Pa	100 Pa	150Pa	50Pa	100 Pa	150Pa
1.	6,48	12,90	18,90	27,29	48,71	65,39	3,46	6,48	10,08
2.	7,14	13,20	19,44	30,17	37,43	62,39	3,28	6,72	9,72
3.	7,08	12,90	19,20	23,04	46,73	61,19	3,31	7,08	9,90
4.	6,30	12,96	18,78	19,68	45,77	52,01	3,37	7,56	9,72
5.	6,90	12,60	18,84	20,94	47,39	66,59	3,42	7,26	10,26
6.	6,48	13,20	18,42	23,64	47,27	65,39	3,36	7,14	10,20
7.	6,24	12,96	19,26	23,52	48,95	61,79	3,38	7,02	10,26
8.	6,72	13,08	19,44	22,98	47,45	62,99	3,36	6,96	10,14
9.	6,54	12,84	18,36	22,74	48,11	65,39	3,30	7,14	10,02
10.	6,66	13,08	19,50	22,86	44,99	64,19	3,34	7,20	10,14
\bar{x}	6,65	12,97	19,01	23,68	46,28	62,73	3,36	7,05	10,04
s^2	0,16	0,05	0,29	15,06	18,59	29,00	0,01	0,15	0,07
s	0,31	0,18	0,42	3,01	3,34	4,17	0,06	0,30	0,20
v [%]	2,78	0,84	1,32	7,61	4,33	3,99	0,99	2,51	1,21
95% IS	(6,46-6,84)	(12,86-13,08)	(18,75-19,27)	(21,8-25,5)	(44,2-48,4)	(60,1-65,3)	(3,3-3,4)	(6,9-7,2)	(9,9-10,2)

Prodyšnost (l/dm².min) při hodnotách tlaku 200,250, 1000 Pa (1 prací cyklus)									
Měření	Protecsom			Evolon			Pristine		
	200Pa	250 Pa	1000Pa	200Pa	250 Pa	1000Pa	200Pa	250 Pa	1000Pa
1.	25,6	32,4	135,0	91,8	100,8	404,3	13,56	16,80	65,99
2.	26,1	33,7	133,8	88,8	119,4	467,9	13,02	16,26	67,19
3.	26,3	32,5	134,4	85,8	128,4	474,5	13,74	16,38	64,79
4.	25,3	32,8	129,0	74,4	120,0	487,1	13,38	16,80	65,39
5.	25,6	31,3	133,2	94,8	137,4	530,3	13,44	16,32	68,39
6.	25,3	32,6	125,4	90,6	118,2	405,5	13,14	16,62	69,59
7.	25,7	32,3	124,8	99,0	121,2	467,9	14,28	17,58	65,99
8.	25,5	32,4	131,4	97,2	123,0	475,7	13,32	16,68	63,59
9.	26,1	32,5	132,0	85,8	120,6	476,3	13,20	16,56	65,99
10.	26,2	32,5	133,2	90,0	125,4	418,7	13,50	16,20	65,39
\bar{x}	25,8	32,5	131,2	89,8	121,4	460,8	13,46	16,62	66,23
s^2	0,2	0,6	22,1	81,3	141,6	2646,8	0,21	0,27	5,09
s	0,4	0,6	3,6	7,0	9,2	39,8	0,36	0,40	1,75
v [%]	0,9	1,1	1,7	4,7	4,6	5,2	1,59	1,45	1,58
95% IS	(25,5-26)	(32,1-32,8)	(129-133,5)	(85,5-94,1)	(115,7-127)	(436-486)	(13,23-13,7)	(16,4-16,9)	(65,1-67,3)
Prodyšnost (l/dm².min) při hodnotách tlaku 50,100,150 Pa (4 prací cykly)									
Měření	Protecsom			Evolon			Pristine		
	50Pa	100 Pa	150Pa	50Pa	100 Pa	150Pa	50Pa	100 Pa	150Pa
1.	6,5	12,9	18,9	23,9	48,0	62,4	4,2	8,2	12,4
2.	7,1	13,2	19,4	29,3	52,2	60,6	4,0	7,9	12,1
3.	7,1	12,9	19,2	23,9	43,6	61,2	4,2	8,5	12,7
4.	6,3	13,0	18,8	22,9	47,8	73,8	4,1	8,0	12,4
5.	6,9	12,6	18,8	23,0	41,0	61,8	4,2	8,3	12,7
6.	6,5	13,2	18,4	22,0	34,7	50,9	4,2	8,5	12,5
7.	6,2	13,0	19,3	17,0	47,7	66,6	4,2	8,6	12,9
8.	6,7	13,1	19,4	21,7	44,9	58,8	4,2	8,3	12,5
9.	6,5	12,8	18,4	21,5	45,1	61,2	4,1	8,5	12,8
10.	6,7	13,1	19,5	24,4	41,5	60,6	4,3	8,4	13,1
\bar{x}	6,7	13,0	19,0	23,0	44,6	61,8	4,2	8,3	12,6
s^2	0,2	0,1	0,3	15,6	39,1	55,4	0,0	0,1	0,1
s	0,3	0,2	0,4	3,1	4,8	5,8	0,1	0,2	0,3
v [%]	2,8	0,8	1,3	8,0	6,5	5,6	1,2	1,6	1,3
95% IS	(6,5-6,8)	(12,9-13,1)	(18,8-19,3)	(21,1-24,9)	(41,6-47,6)	(58,2-65,3)	(4,1-4,2)	(8,2-8,4)	(12,4-12,8)

Prodyšnost (l/dm ² .min) při hodnotách tlaku 200, 250, 1000Pa (4 prací cykly)									
Měření	Protecsom			Evolon			Pristine		
	200Pa	250 Pa	1000Pa	200Pa	250 Pa	1000Pa	200Pa	250 Pa	1000Pa
1.	25,6	32,4	135,0	98,4	129,6	509,9	16,3	20,1	81,0
2.	26,1	33,7	133,8	100,2	136,2	531,5	17,0	19,4	78,6
3.	26,3	32,5	134,4	93,0	117,6	461,9	16,5	20,9	82,8
4.	25,3	32,8	129,0	85,8	109,2	434,9	16,0	19,7	79,2
5.	25,6	31,3	133,2	97,2	114,0	479,9	16,6	20,5	82,8
6.	25,3	32,6	125,4	73,8	89,4	360,5	16,4	20,0	86,4
7.	25,7	32,3	124,8	66,6	81,6	332,9	17,0	20,2	84,0
8.	25,5	32,4	131,4	86,4	108,6	430,1	16,1	20,3	81,6
9.	26,1	32,5	132,0	88,8	115,8	462,5	16,3	19,7	79,2
10.	26,2	32,5	133,2	91,8	117,6	455,9	16,3	20,0	80,4
\bar{x}	25,8	32,5	131,2	88,2	111,9	446,0	16,5	20,1	81,6
s^2	0,2	0,6	22,1	194,1	450,1	6229,1	0,2	0,3	10,0
s	0,4	0,6	3,6	10,8	16,4	61,1	0,3	0,4	2,4
v [%]	0,9	1,1	1,7	7,3	8,8	8,2	1,3	1,2	1,8
95% IS	(25,5-26)	(32,1-32,8)	(128,9-133,5)	(81,5-94,9)	(101,8-122,1)	(408,1-483,9)	(16,2-16,7)	(19,8-20,3)	(80,1-83,1)

Velikost maximálního a průměrného póru [μm]												
Měření	(Hodnoty po 1 pracím cyklu)						(Hodnoty po 4 pracích cyklech)					
	Protecsom		Evolon		Pristine		Protecsom		Evolon		Pristine	
	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný	Maximální	Průměrný
1.	47,0	12,8	63,4	22,5	28,3	8,3	36,0	9,8	68,3	24,9	30,4	10,3
2.	49,2	18,5	68,2	24,5	22,7	7,5	30,7	12,1	65,2	24,0	29,2	10,0
3.	43,6	14,8	72,6	27,2	24,2	6,0	27,7	9,6	57,2	19,1	28,1	9,8
4.	36,2	12,7	75,7	28,6	27,7	7,6	32,0	11,9	69,1	25,2	31,2	9,6
5.	42,1	13,6	71,5	27,0	30,1	8,1	36,0	9,5	64,8	23,9	27,1	11,3
\bar{x}	43,6	14,5	70,3	25,9	26,6	7,5	32,5	10,6	64,9	23,4	29,2	10,2
s^2	24,9	5,8	22,0	6,0	9,4	0,8	12,8	1,7	22,4	6,1	2,8	0,5
s	5,0	2,4	4,7	2,4	3,1	0,9	3,6	1,3	4,7	2,5	1,7	0,7
v [%]	11,4	16,7	6,7	9,4	11,5	12,1	11,0	12,4	7,3	10,5	5,7	6,6
95% IS	(39,2-48,6)	(12,4-16,9)	(66,2-75)	(23,8-28,4)	(23,9-29,7)	(6,7-8,4)	(29,3-36)	(9,4-11,9)	(60,8-69,7)	(21,3-25,9)	(27,7-30,9)	(9,6-10,9)

Příloha 10Prodyšnost ($\text{l/dm}^2 \cdot \text{min}$), při tlaku 200 Pa v ploše rozteč bodů od sebe 10 cm.

NW 40 Příčný směr											
Podélný směr		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	1.	41,0	33,6	29,8	26,0	48,3	45,4	34,0	42,6	63,5	77,9
	2.	37,0	25,9	17,4	20,1	33,8	30,9	29,4	44,7	59,6	40,4
	3.	59,4	53,1	37,1	38,2	54,9	67,7	56,0	55,5	94,6	80,9
	4.	73,7	76,7	72,5	69,5	85,1	93,4	83,3	85,7	114,4	106,6
	5.	28,3	25,8	25,7	37,9	30,8	50,3	56,3	51,7	48,2	47,7
	6.	61,1	55,6	60,5	61,1	71,3	76,1	74,9	70,7	98,8	70,1
	7.	59,9	56,1	58,2	58,8	62,9	92,8	74,9	83,9	79,1	85,7
	8.	64,1	56,8	50,3	43,7	55,4	59,8	67,1	69,5	87,5	104,2
	9.	88,1	76,1	71,9	85,7	68,9	63,5	68,9	84,5	117,4	118,6
	10.	98,8	68,3	81,5	79,1	83,3	91,1	102,4	104,2	134,8	114,4

NW 70 Příčný směr											
Podélný směr		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	1.	14,0	12,8	12,5	13,7	13,5	15,4	14,3	13,2	12,0	13,1
	2.	8,0	8,3	8,0	8,5	8,3	8,7	8,3	8,1	7,7	7,8
	3.	12,3	13,7	12,9	13,6	13,1	13,2	13,1	14,1	13,4	13,1
	4.	12,2	13,4	13,1	13,5	13,5	13,6	13,8	13,7	12,8	13,0
	5.	12,4	12,9	11,3	11,8	12,7	11,9	13,1	12,3	11,9	11,9
	6.	15,4	15,1	15,3	15,9	16,8	16,5	16,2	15,2	17,6	15,8
	7.	14,4	16,7	15,3	17,8	17,1	14,6	15,1	12,2	14,4	12,5
	8.	7,5	8,5	8,3	8,1	8,9	9,1	8,8	9,0	8,1	8,5
	9.	5,7	6,9	6,0	7,6	6,7	6,3	6,8	6,7	7,1	7,7
	10.	14,4	13,8	13,2	15,3	14,0	14,9	15,0	13,7	16,3	13,4

W Micro Příčný směr											
Podélný směr		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	1.	4,0	3,5	3,4	3,2	3,8	3,6	3,5	3,2	3,1	3,1
	2.	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,6
	3.	2,6	2,5	2,8	2,7	2,5	2,8	2,7	2,7	2,1	2,4
	4.	2,7	2,7	2,4	2,3	2,2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
	5.	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2	2,8	3,0	2,9	2,7	2,9
	6.	4,4	3,9	4,1	3,6	3,6	4,4	3,9	4,0	3,6	3,2
	7.	7,1	7,7	8,1	9,0	8,9	8,4	8,7	8,7	7,9	7,6
	8.	1,9	2,3	2,0	2,1	1,8	2,0	2,1	1,8	1,8	1,9
	9.	2,5	2,4	2,7	2,3	2,2	2,3	2,1	2,6	2,4	2,1
	10.	4,4	5,0	4,9	4,3	4,5	4,7	4,5	4,1	4,0	3,9